



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

IMPLEMENTACIÓN DE LAS CARTAS DE BALANCE PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES
MULTIFAMILIARES, APLICADO EN EL PROYECTO EL HARA – LA VICTORIA

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Castañeda Segovia, Gino

Asesor:

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

Jurado:

Bedia Guillen, Ciro Sergio

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Arévalo Vidal, Samir Augusto

Lima - Perú

2024



IMPLEMENTACIÓN DE LAS CARTAS DE BALANCE PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES, APLICADO EN EL PROYECTO EL HARA – LA VICTORIA

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

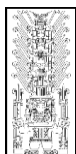
PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	myslide.es Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

IMPLEMENTACIÓN DE LAS CARTAS DE BALANCE PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES
MULTIFAMILIARES, APLICADO EN EL PROYECTO EL HARA – LA VICTORIA

Línea de Investigación:

Construcción Sostenible y Sostenibilidad Ambiental del Territorio

Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Castañeda Segovia, Gino

Asesor

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

Jurado

Bedia Guillen, Ciro Sergio

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Arévalo Vidal, Samir Augusto

Lima – Perú

2024

Dedicatoria

A mis padres, Edgar y María, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. A mis abuelos, por inculcarme el ejemplo de esfuerzo y perseverancia.

Agradecimientos

A todos los catedráticos y profesionales por las enseñanzas brindadas a lo largo de mi carrera y formación laboral.

INDICE

RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
I.INTRODUCCION.....	17
1.1 Descripción y Formulación del problema	17
1.1.1. Problema Principal	18
1.1.2. Problemas Específicos	18
1.2. Antecedentes.....	19
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	19
1.2.2. Antecedentes Nacionales	22
1.3. Objetivos.....	27
1.3.1. Objetivo General	27
1.3.2. Objetivos Específicos.....	27
1.4. Justificación.....	28
1.5. Hipótesis.....	28
1.5.1. Hipótesis general.....	28
1.5.2. Hipótesis específicas	28
II. MARCO TEORICO.....	29
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	29
2.1.1. Lean Construction	29
2.1.2. Sistema del Último Planificador (Last Planner System).....	32
2.1.3. Plan Maestro:	39

2.1.4.	Planificación por fases	42
2.1.5.	Planificación a medio plazo o Lookahead	45
2.1.6.	Análisis de restricciones.....	46
2.1.7.	Programación Semanal.....	48
2.1.8.	Programación Diaria (Parte Diario)	49
2.1.9.	Sectorización	50
2.1.10.	Tren de actividades	51
2.1.11.	Buffers.....	52
2.1.12.	Cartas de Balance	54
2.1.13.	Productividad	57
2.1.14.	Variabilidad.....	59
2.1.15.	Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC) o Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)	60
2.1.16.	Causas de No Cumplimiento (CNC).....	61
III	MÉTODO	63
3.1	Tipo de Investigación	63
3.2	Ámbito temporal y espacial.....	63
3.3	Variables.....	65
3.4	Población y muestra	65
3.4.1.	Población.....	65
3.4.2.	Muestra	65

3.5 Instrumentos	65
3.6 Procedimientos	66
3.7 Análisis de datos.....	67
3.8 Consideraciones éticas.....	67
IV RESULTADOS	69
4.1 Descripción del proyecto en evaluación.....	69
4.1.1 Ubicación y Localización del proyecto.....	69
4.1.2 Descripción de la obra	73
4.2 Desarrollo de la investigación	74
4.2.1 Periodo a realizar la investigación	76
4.2.2 Procedimientos a realizar en la investigación.....	77
4.2.3 Herramientas para la recopilación de información.	77
4.3 Análisis de resultados	78
4.3.1. Análisis del sistema tradicional del proyecto.....	78
4.3.2. Evaluación de los hitos de control del proyecto	79
4.3.3. Evaluación del análisis de precios unitarios del expediente técnico y revistas especializadas	80
4.3.4. Introducción al Sistema del Último Planificador.....	84
4.3.5. Implementación de las Cartas Balance	86
4.3.6. Análisis del aporte unitario (H.H).....	123
4.3.7. Índices de productividad basados en el costo de mano de obra.....	124

4.3.8. Causas que afectan la productividad en la obra	125
4.3.9 Implementación del Sistema del Último Planificador	128
4.3.10 Resultados obtenidos con la implementación del sistema del ultimo planificador y cartas balance	136
4.3.11 Causas que afectan la productividad con la implementación del sistema del último planificador y cartas balance.....	165
V. DISCUSION DE RESULTADOS	167
VI. CONCLUSIONES	170
VII. RECOMENDACIONES	172
VIII. REFERENCIAS	173
IX. ANEXOS	176

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de flujo	30
Figura 2. Modelo de flujo con flujos eficientes	31
Figura 3. Modelo de flujo con procesos eficientes	32
Figura 4. Formación de asignaciones dentro del sistema del Último Planificador.....	35
Figura 5. Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS.....	36
Figura 6. Reglas para permitir que las actividades programadas permanezcan o entren en cada uno de los tres niveles de jerárquica primaria del sistema de programación.....	38
Figura 7. Composición del Sistema del Último Planificador	39
Figura 8. Hitos del proyecto El Hara	41
Figura 9. Plan de fases de una vivienda unifamiliar	42
Figura 10. Ejemplo de planificación pull de una fase.....	43
Figura 11. Ejemplo de panel de planificación de fases en una pull sesión.....	45
Figura 12. Ejemplo de una planificación a medio plazo (LookAhead).....	46
Figura 13. Ejemplo de análisis de restricciones.....	48
Figura 14. Formato de plan de trabajo semanal.....	49
Figura 15. Ejemplo de planificación semanal.....	50
Figura 16. Ejemplo de Sectorización – Proyecto ‘EL HARA’	51
Figura 17. Ejemplo de Buffer de Tiempo donde se reserva un día de trabajo adicional para realizar.....	54
Figura 18. Ejemplo de Buffer de Tiempo donde se reserva un día de trabajo adicional para realizar.....	56
Figura 19. Medición de Cartas de Balance	57
Figura 20. Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad	58
Figura 21. Localización de la obra ‘Proyecto El Hara’	64

Figura 22. Ubicación de la obra ‘Proyecto El Hara’	64
Figura 23. Cuadro de zonificación del proyecto HARA (Elaboración Propia)	59
Figura 24. Esquema de localización	70
Figura 25. Plano de ubicación.....	71
Figura 26. Bloques del proyecto HARA.....	71
Figura 27. Esquema de bloques y fases del proyecto HARA	73
Figura 28. Edificación a analizar: Bloque A – Fase 1 y 2	75
Figura 29. Vista 3D del Bloque A – Fase 1 y 2	76
Figura 30. Cronograma de obra Bloque A del proyecto HARA.....	80
Figura 31. Informe semanal de producción	85
Figura 32. Porcentaje de tiempo en obras con manejo optimizado de la productividad	87
Figura 33. Acero de verticales (proyecto HARA)	88
Figura 34. Carta de Balance de acero de columnas	90
Figura 35. Tiempo productivo de acero de columnas.....	90
Figura 36. <i>Tiempo contributorio de acero de columnas</i>	91
Figura 37. <i>Tiempo no contributorio de acero de columnas</i>	91
Figura 38. Acero de vigas (proyecto HARA)	93
Figura 39. Carta de balance de acero de vigas.....	95
Figura 40. Tiempo productivo de acero de vigas.....	95
Figura 41. Tiempo contributorio de acero de vigas	96
Figura 42. Tiempo no contributorio de acero de vigas	96
Figura 43. Acero de losas (proyecto HARA).....	98
Figura 44. Carta balance de acero de losas	100
Figura 45. Tiempo productivo en acero de losas	100
Figura 46. Tiempo contributorio en acero de losas.....	101

Figura 47. Tiempo no contributorio en acero de losas.....	101
Figura 48. Encofrado de placas (proyecto HARA).....	103
Figura 49. Carta de Balance de encofrado de placa.....	105
Figura 50. Tiempo productivo de encofrado de placas.....	105
Figura 51. Tiempo contributorio de encofrado de placas	106
Figura 52. Tiempo no contributorio de encofrado de placas	106
Figura 53. Encofrado de vigas (proyecto HARA)	108
Figura 54. Carta de Balance de encofrado de placa.....	110
Figura 55. Tiempo productivo de encofrado de vigas	110
Figura 56. Tiempo contributorio de encofrado de vigas.....	111
Figura 57. Tiempo no contributorio de encofrado de vigas.....	111
Figura 58. Encofrado de losas (proyecto HARA).....	113
Figura 59. Carta de Balance de encofrado de losas	115
Figura 60. Tiempo Productivo de encofrado de losas.....	115
Figura 61. Tiempo contributorio de encofrado de losa.....	116
Figura 62. Tiempo no contributorio de encofrado de losas	116
Figura 63. Vaciado de losas.....	118
Figura 64. Carta de Balance de vaciado de losa	120
Figura 65. Tiempo Productivo de vaciado de losas	120
Figura 66. Tiempo contributorio de vaciado de losas.....	121
Figura 67. Tiempo no contributorio de vaciado de losas.....	121
Figura 68. Sectorización de vaciados del bloque A.....	126
Figura 69. Causas de la baja productividad en el proyecto HARA.	128
Figura 70. Corrección de la sectorización mediante el sistema del último planificador	129
Figura 71. Metrados realizados para la sectorización mediante el sistema del último	

planificador	130
Figura 72. Porcentaje de las causas de no cumplimiento en el proyecto HARA.....	133
Figura 73. Curva del PPC o PAC.....	134
Figura 74. Gráfico de la carta balance de la optimización de la productividad en encofrado de placas.....	137
Figura 75. Tiempo productivo optimizado de encofrado de placas.....	139
Figura 76. Tiempo contributorio optimizado de encofrado de placas	139
Figura 77. Tiempo no contributorio optimizado de encofrado de placas	140
Figura 78. APU de encofrado y desencofrado de vigas.....	141
Figura 79. Colocación de laterales de viga sobre escuadras	142
Figura 80. Gráfico de la carta balance de la optimización de la productividad en encofrado de vigas	142
Figura 81. Tiempo productivo optimizado de encofrado de vigas	144
Figura 82. Tiempo contributorio optimizado de encofrado de vigas.....	144
Figura 83. Tiempo no contributorio optimizado de encofrado de vigas.....	145
Figura 84. Gráfico de la carta balance de la optimización de la productividad en encofrado de placas.....	146
Figura 85. Tiempo productivo optimizado de vaciado de losas	148
Figura 86. Tiempo contributorio optimizado de vaciado de losas.....	148
Figura 87. Tiempo no contributorio optimizado de vaciado de losas.....	149
Figura 88. Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de vigas.....	151
Figura 89. Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de placas	152
Figura 90. Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de columnas	153
Figura 91. Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de aligerado.....	154
Figura 92. Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de losa maciza.....	155

Figura 93. Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de viga	156
Figura 94. Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de placas	157
Figura 95. Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de columnas.....	158
Figura 96. Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de losa aligerada	159
Figura 97. Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de losa maciza	160
Figura 98. Gráfico de barras del rendimiento de M.O concreto en placas	161
Figura 99. Gráfico de barras del rendimiento de M.O concreto en columnas.....	162
Figura 100. Gráfico de barras del rendimiento de M.O concreto en losas y vigas.....	163
Figura 101. Gráfico de índice de productividad en base a costos de H/H de M.O.....	164
Figura 102. Causas de baja productividad en el proyecto 'Hara'	166
Figura 103. Colocación de acero de vigas	177
Figura 104. Apuntalamiento en encofrado de losas.....	180
Figura 105. Vaciado de losa, sector 1	181
Figura 106. Charla de obra, proyecto Hara.....	181
Figura 107. Colocación de acero de placas.....	182
Figura 108. Control de actividades en campo.....	182

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de porcentajes de actividades predecesoras	59
Tabla 2. PPC semanales para la etapa de casco	61
Tabla 3. Total de viviendas por bloques del proyecto HARA.....	72
Tabla 4. Cuadro de áreas del proyecto HARA	72
Tabla 5. Periodo de la investigación.	76
Tabla 6. Análisis de los precios unitarios - Expediente técnico del proyecto HARA	81
Tabla 7. Análisis de los precios unitarios de revistas de costos del año	82
Tabla 8. Carta de Balance de acero de columnas.....	89
Tabla 9. TP, TC y TNC de cuadrilla de acero de vigas	91
Tabla 10. Carta de balance de acero de vigas	94
Tabla 11. TP, TC y TNC de cuadrilla de acero de losas.....	96
Tabla 12. Carta balance de acero de losas	99
Tabla 13. TP, TC y TNC en acero de losas	101
Tabla 14. Carta de Balance de encofrado de placa	104
Tabla 15. TP, TC y TNC de cuadrilla de encofrado de placas	106
Tabla 16. Carta de Balance de encofrado de vigas	109
Tabla 17. TP, TC y TNC de cuadrilla.....	111
Tabla 18. Carta de Balance de encofrado de losas.....	114
Tabla 19. TP, TC y TNC de cuadrilla de encofrado de losa.....	116
Tabla 20. Carta de Balance de vaciado de losas	119
Tabla 21. TP, TC y TNC de cuadrilla de vaciado de losas.....	121
Tabla 22. Cuadro de productividad H/H Encofrado de viga (proyecto HARA)	123
Tabla 23. Cuadro de productividad H/H Encofrado de Placas (proyecto HARA)	124
Tabla 24. Índices de productividad en base a costos (proyecto HARA)	125

Tabla 25. Lookahead a 4 semanas	131
Tabla 26. Lookahead semanal.....	131
Tabla 27. Causas de no cumplimiento	133
Tabla 28. Confiabilidad en base al PPC o PAC.....	134
Tabla 29. Carta de balance de encofrado de placa con productividad optimizada	138
Tabla 30. TP, TC y TNC optimizado de cuadrilla de encofrado de placas	140
Tabla 31. Carta de balance de encofrado de viga con productividad optimizada.....	143
Tabla 32. TP, TC y TNC optimizado de cuadrilla de encofrado de vigas.....	145
Tabla 33. Carta de balance de vaciado de losas con productividad optimizada	147
Tabla 34. TP, TC y TNC optimizado de cuadrilla de encofrado de vigas.....	149
Tabla 35. Cuadro de rendimiento de M.O acero de vigas	151
Tabla 36. Cuadro de rendimiento de M.O acero de placas.....	152
Tabla 37. Cuadro de rendimiento de M.O acero de columnas.....	153
Tabla 38. Cuadro de rendimiento de M.O acero de aligerado	154
Tabla 39. Cuadro de rendimiento de M.O acero de losa maciza	155
Tabla 40. Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de viga.....	156
Tabla 41. Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de placas.....	157
Tabla 42. Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de columnas	158
Tabla 43. Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de losa aligerada	159
Tabla 44. Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de losa maciza.....	160
Tabla 45. Cuadro de rendimiento de M.O concreto en placas.....	161
Tabla 46. Cuadro de rendimiento de M.O concreto en columnas	162
Tabla 47. Cuadro de rendimiento de M.O concreto en losas y vigas	163
Tabla 48. Índice de productividad en base a costos H/H con el sistema del último planificador	164

RESUMEN

Esta investigación tiene como propósito evaluar si la implementación de las cartas de balance puede aumentar la productividad y confiabilidad en la construcción de viviendas multifamiliares. Método: Es una investigación de tipo no experimental, aplicada, con un enfoque básico-cualitativo, explicativo y longitudinal. Para llevar a cabo esta investigación se utilizarán fichas de recolección de datos, mediante formatos de carta balance que analizan los tiempos productivos, contributorios y no contributorios, informes semanales de producción, sectorizaciones, programaciones, planificaciones semanales, etc. Resultados: se logró aumentar la productividad de la mano de obra mediante un índice de productividad en base al costo acumulado en el tiempo de la investigación, obteniendo una productividad de 1.058 mejorando en 0.19 respecto al inicial 0.869 catalogándose la productividad como efectiva y eficiente. Asimismo, se logró obtener mayores porcentajes en el PPC logrando resultados de 86%, 89% y 85% durante las semanas 10, 11 y 12 de la investigación, respectivamente, con un acumulado de 80.2%, alcanzando el 87% en la semana 15 y 88% en la semana 16. En consecuencia, se llega a la conclusión de que la implementación de las cartas de balance, junto con las herramientas lean, ha incrementado la confiabilidad en la programación realizada, manteniendo los valores de PAC semanal estables y logrando un máximo de 89% en la semana 11.

Palabras clave: Sistema del Último Planificador, Cartas de Balance, productividad, confiabilidad

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate whether the implementation of balance sheets can increase productivity and reliability in the construction of multi-family housing. Method: This is a non-experimental, applied research, with a basic-qualitative, explanatory and longitudinal approach. To carry out this research, data collection sheets will be used, through balance sheet formats that analyze productive, contributory and non-contributory times, weekly production reports, sectorizations, programming, weekly planning, etc. Results: It was possible to increase labor productivity through a productivity index based on the accumulated cost over the time of the research, obtaining a productivity of 1.058, improving by 0.19 compared to the initial 0.869, classifying productivity as effective and efficient. Likewise, higher percentages were achieved in the PPC, achieving results of 86%, 89% and 85% during weeks 10, 11 and 12 of the research, respectively, with an accumulated score of 80.2%, reaching 87% in week 15 and 88% in week 16. Consequently, it is concluded that the implementation of the balance charts, together with the lean tools, has increased the reliability of the programming, keeping the weekly PAC values stable and achieving a maximum of 89% in week 11.

Keywords: Last Planner System, Balance Charts, productivity, reliability.

I. INTRODUCCION

1.1 Descripción y Formulación del problema

La investigación actual se realiza en la construcción del Edificio Multifamiliar ‘El Hara’ – La Victoria, con el propósito de mejorar la productividad en la mano de obra, en particular, centrándose en las actividades de colocación de acero, encofrado y concreto a través de la implementación las cartas balance dado que la principal problemática del proyecto es el del seguimiento de las actividades in situ, el control del avance y la planificación de la obra., generando una deficiencia de la productividad debido a la falta de un plan de trabajo constante, la inexistencia de un tren de actividades definidos, actividades mal ejecutadas, el mal uso de los materiales, retrabajos por una incorrecta ejecución de los trabajos y, por consiguiente, no cumplir con los plazos establecidos con el cliente.

Las deficiencias en el cálculo de los recursos a utilizar y plazos para la ejecución de las partidas deberán sincerarse en la etapa de ejecución, siendo necesario la reformulación de los cronogramas, tiempos que tomaran la ejecución de cada partida, gestión de uso de recursos que formaran parte de una planificación para lograr ejecutar la obra dentro de los plazos establecidos en el expediente técnico.

Por un largo periodo, se han aplicado métodos de planificación, que han sido efectivos durante bastante tiempo. No obstante, las transformaciones en los proyectos han impulsado la evolución de estos métodos, en línea con los avances de la tecnología y la modernización del sector. Como resultado, han surgido nuevas herramientas diseñadas para adaptarse a estos cambios y mejorar la gestión en la industria de la construcción.

Las cartas de balance son una parte importante de las herramientas lean donde se recolecta a detalle los procesos de cada actividad y recogidos en ciertos lapsos de tiempo breves, clasifica las tareas de cada trabajador en 3 categorías: TP o trabajo productivo, TC o trabajo contributorio y TNC o trabajo no contributorio.

Las Cartas de balance junto con otras herramientas lean, buscan optimizar la gestión de la planificación, así como también corregir a detalle los procesos de cada actividad. No obstante, una de las dificultades de realizar las cartas de balance es la respuesta de la cuadrilla al darse cuenta que está siendo estudiada. Esto puede mejorar los tiempos de los trabajos, pero solo en el momento en que van siendo analizadas las cuadrillas.

Este estudio sugiere el empleo de las cartas de balance para evaluar su efecto en los tiempos de entrega, costos generados y la productividad en obra.

1.1.1. Problema Principal

¿De qué manera la implementación de las cartas de balance mejorará la productividad en la construcción de edificios multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar El Hara – La Victoria?

1.1.2. Problemas Específicos

¿Cuáles son los factores que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y como mejorarán con la implementación de las cartas de balance en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria?

¿De qué manera la implementación de las cartas de balance mejorará la eficiencia de la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria?

¿De qué manera la implementación de las cartas de balance contribuye a una mejor planificación y ejecución de partidas, incrementando la confiabilidad en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Gonzales (2012) en su tesis “Propuesta de implementación del sistema last planner con el apoyo de modelación 4d para la obra gruesa de edificaciones” donde mediante la comparación entre el uso del sistema del último planificador junto a la modelación 4d se afirma que los que utilizan el L.P. system obtienen resultados positivos que los proyectos que usaron Last Planner 4D. El sistema LP system, como herramienta clave en Lean Construction, se enfoca en fomentar el trabajo colaborativo mediante varias pautas de planificación, identificando y minimizando restricciones para asegurar la ejecución puntual de las tareas. Por otro lado, el L.P. 4D integra las planificaciones del diagrama de Gantt con un esquema tridimensional, permitiendo visualizar el progreso en el tiempo, detectar interferencias y monitorear las actividades planificadas y hechas. Se concluye que la modelación 4D es especialmente útil en proyectos no repetitivos; sin embargo, su relevancia disminuye cuando se llega a las etapas repetitivas, ya que los equipos ya tienen claro qué hacer, cómo hacerlo, y que recursos usar y que tiempo se requerirá.

Ibañez (2018) en su tesis “Análisis y definición de estrategias para la implementación de las herramientas del lean construction en Chile” señala que, aunque la construcción en el país de Chile emplea aproximadamente un 8,5% del mercado laboral, solo contribuye con un 7% al PIB, lo que sugiere un margen para mejorar la productividad en el sector. De esta manera, esta investigación tiene como finalidad evaluar el nivel de conocimiento que tienen los trabajadores de la construcción sobre los sistemas de gestión orientados a incrementar la productividad. Para ello, se analizan cuatro casos en los que se ha implementado el Last Planner System, la herramienta Lean más utilizada en Chile. A través de la recopilación de datos sobre la implementación de Lean Construction en proyectos a nivel global, se observan tanto éxitos como fracasos. Las entrevistas revelan que la falta de conocimiento sobre herramientas Lean

es una de las principales razones por las cuales no se aplican. Promover las prácticas Lean, tanto desde el sector privado como desde el sector público, es crucial para dar a conocer el uso de estas herramientas en la construcción.

Serpell y Verbal (1990) En su investigación “Análisis de operaciones mediante cartas de balance”. En esta revista se llevó a cabo un análisis detallado de las actividades en el sector construcción utilizando cartas de balance. Esta herramienta se destaca por su capacidad para expresar detalladamente el proceso de una actividad en la construcción, permitiendo además evaluar el procedimiento empleado y estipular el número óptimo de trabajadores en la cuadrilla. La información obtenida a partir de esta herramienta fue fundamental para hallar el rendimiento de las cuadrillas. El estudio se aplicó en dos proyectos de edificación y uno de viviendas. Las cartas de balance se utilizaron en tareas como la instalación de encofrados de madera para losas, el hormigonado de cimientos y sobrecimientos, y el hormigonado de losas en casas y edificios. En el primer caso, se analizaron dos cuadrillas en la colocación de moldajes de losas. Se observó que la primera tenía problemas en la cooperación del equipo, mientras que la segunda mostraba una elevada cantidad de actividades de transporte. La variabilidad de las cuadrillas era debido a la falta de atención de la administración, variando desde un ayudante y dos maestros y un ayudante con cinco maestros. El rendimiento también variaba considerablemente, oscilando entre tres y seis días para encofrar una losa de 145 m². Tras analizar la carta de balance, se decidió estandarizar las cuadrillas a cuatro maestros con un ayudante, manteniendo el personal encargado del transporte, lo que resultó en un aumento del rendimiento en 2.1 veces respecto al promedio y en 1.6 veces respecto a la cuadrilla más productiva previamente. En el segundo caso, relacionado con el hormigonado de cimientos y sobrecimientos, se evaluó una cuadrilla de dos paleros y seis carretilleros. La carta balance reveló cuellos de botella en el proceso de carga y descarga de carretillas, con tiempos de espera más largos para las descargas. Se propuso mejorar las vías de acceso y dar a los paleros una

capacitación, aumentando su rendimiento. En el hormigonado de losas de casas, la carta de balance identificó tiempos muertos de 15 a 20 minutos en la cuadrilla debido a la falta de un segundo tractor para trasladar los buzones con concreto. Se consiguió un tractor y un par de buzones extras, lo que duplicó el rendimiento al eliminar estos tiempos muertos. Finalmente, en el hormigonado de una losa de edificio, se observó que la actividad real era de 51.1% y la actividad relativa del 50.44%. Al reducir la cuadrilla y distribuir correctamente el personal, en general el rendimiento aumentó un 58% gracias a la optimización del personal y a la reducción de los costos variables. En resumen, el uso de cartas balance resultó ser una herramienta eficaz para mejorar la productividad en distintas actividades específicas dentro del sector.

Hoyos y Botero (2021) en su investigación “Implementación del sistema del último planificador en el sector constructor colombiano: Caso de estudio”, examina el uso del Sistema del Último Planificador (SUP) por diversas empresas en Colombia durante más de una década. La investigación tiene como objetivo examinar cómo se implementa y funciona el sistema mediante el punto de vista de 16 compañías colombianas. Para recopilar los datos, se optó por utilizar tres métodos de investigación cualitativa en ciencias sociales: la observación no participante, encuestas y entrevistas semiestructuradas. Se realizó una observación no participante durante las reuniones semanales sobre la planificación de los proyectos de los involucrados. Las encuestas se administraron a tres equipos distintos: especialistas o profesionales, subcontratas, maestros de obra, y personal de operaciones. Además, se llevaron a cabo entrevistas a los encargados en el área productiva en estas empresas. El análisis de la información recolectada, incluyendo la triangulación de datos, puso de manifiesto diversas aplicaciones de la herramienta SUP y destacó problemas tanto conceptuales como prácticos. También se identificó una carencia en capacitación y capacitación continua, lo que restringe la integración del SUP en el rubro. En conclusión, se subrayó la necesidad de integrar la cultura del sistema del último planificador en toda la estructura de la empresa, desde los gerentes

operacionales hasta el nivel de producción, para alcanzar el objetivo esperado. Asimismo, se resaltó la importancia de una adecuada coordinación en las distintas etapas de organización, cerciorándose de que el programa semanal esté sincronizado con el programa intermedio y este con la programación general, para mantener un trabajo eficiente.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

Vilca (2014) en su investigación “Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar” se destaca la importancia de mejorar los índices de productividad en las empresas constructoras para incrementar la utilidad y competir eficazmente en el mercado. Esto se logra con la implementación de herramientas y sistemas que buscan optimizar la productividad, (como la construcción lean y el Last Planner). La tesis se centra en la optimización de la productividad en las principales partidas de arquitectura: asentado de muros de albañilería, tarrajeo o acabados húmedos y enchape, siendo estas la representación del 50% del presupuesto de la arquitectura, así como también el 20% del total del presupuesto general. Cada una de estas partidas se analiza a través de cartas de balance, que permiten detallar y formalizar el proceso de cada actividad, evaluando el sistema de trabajo utilizado para determinar su idoneidad. Además, se ha determinado la cantidad óptima de trabajadores para cada cuadrilla y se ha recopilado información valiosa para analizar los rendimientos individuales de los trabajadores. Los resultados incluyen un ahorro de S/.50,785, que equivale al 15% de la utilidad, y una disminución en el tiempo de ejecución del proyecto, disminuyendo de 242 a 229 días útiles, lo que representa un ahorro de 13 días. Se concluye que, para lograr una reducción en los plazos establecidos, es crucial examinar las secuencias de trabajo o modelos para balancear de las partidas ubicadas en la ruta críticas previas (estructuras) y posteriores (albañilería) a la secuencia de tarrajeo.

Ramos y Salvador (2013) en su investigación “Evaluación de la aplicación del sistema last planner en la construcción de edificios multifamiliares en Arequipa” se explora como el departamento de Arequipa, con sus recursos adecuados, es un entorno propicio para implementar un sistema para la mejora de la productividad y programación en la construcción, específicamente el Last Planner (último planificador). El objetivo principal es impulsar la construcción en la región evitando los desperdicios y generando ahorros, utilizando la filosofía Lean, y transformar la administración y dirección de las empresas constructoras para emplear una óptima versión del sistema del último planificador. Los hallazgos mostraron que el sistema del ultimo planificador es viable en Arequipa, evidenciado por los ahorros obtenidos durante los primeros tres meses de obra en las partidas de acero, concreto, encofrado y solaqueo, con reducciones del 2%, 34%, 2% y 5% respectivamente. La falta de formación sectorizada en el trabajo afectó inicialmente a la mano de obra local, que no comprendía plenamente las tareas definidas, como se observó en la colocación de solaqueo de muros, encofrado de madera y colocación de acero. Sin embargo, al integrar trabajadores de Lima en las cuadrillas, la eficiencia mejoró significativamente, transformándolas en unidades de producción más efectivas. Es crucial cambiar las tareas asignadas a las cuadrillas de acuerdo a la evaluación semanal obtenido por la carta de balance, con el objetivo de darle provecho al óptimo rendimiento de los trabajadores. Esto ayudará a generar cuadrillas más eficientes y obtener mejores tiempos en las cuadrillas que no son de Lima en base al aprendizaje obtenido por la observación constante al compañero del otro departamento.

Orlandini (2022) en su estudio “Implementación del sistema Last Planner en el proyecto edificio multifamiliar Kenko” se examina la aplicación del sistema del último planificador en el conjunto multifamiliar “Kenko”, situado en Lima. El enfoque principal es mejorar la productividad laboral y prevenir la propagación del virus del covid 19. El estudio comienza con una descripción de la circunstancia en que se encuentra el proyecto al inicio de su ejecución

y la planificación bajo la herramienta Lean, que proporciona medidas para mejorar la producción. Durante la ejecución, se emplean métodos para cumplir con la programación establecida, y al final se analiza los resultados, sugiriendo acciones cautelares y de mejora. El uso de las nuevas herramientas de producción facilita la maximización del valor obtenido del producto para el cliente al reducir los excesos de recursos y desperdicios. La aplicación del sistema del último planificador garantiza un flujo continuo de producción al disminuir la veleidat, lo que a su vez incrementa la fiabilidad de la planificación y previene interrupciones en las secuencias de trabajo. Para asegurar que las secuencias de trabajo sean eficientes, es crucial realizar un análisis exhaustivo y preciso de las restricciones. Si el análisis inicial no cumple con los objetivos, se debe documentar detalladamente las razones de la falla en el cumplimiento para construir un antecedente que permita una respuesta más eficaz en el futuro. Las causas típicas de incumplimiento incluyen materiales, falta de información, seguridad, área de trabajo, requisitos y equipos. Esta información se puede obtener del porcentaje de plan cumplido, un indicador que evalúa la fiabilidad de la planificación en términos porcentuales.

Chigchon (2022) en su tesis “Análisis y evaluación de la implementación de last planner system al método convencional para reducir el tiempo y desperdicios del sistema de concreto armado del condominio Santa Rosa I, Trujillo 2022” se enfoca en evaluar cómo la metodología del sistema del último planificador puede reducir los desperdicios y optimizar los tiempos empleados en la construcción del mencionado condominio ubicado en la ciudad Trujillo. La investigación se lleva a cabo con un enfoque metodológico científico, utilizando un diseño exploratorio de campo y un análisis cuantitativo a lo largo del tiempo. Los procedimientos empleados incluyen cuadros, encuestas estimaciones, diagramas, el uso de gráficos, basados en información real obtenida de observaciones directas en el lugar de construcción, así como encuestas hechas a los encargados del proyecto y obreros. Los hallazgos mostraron que la aplicación del sistema del último planificador logró reducir el tiempo de ejecución de las

actividades en seis días. El estudio se centra en conjuntos unifamiliares en Trujillo, seleccionando específicamente dos viviendas del Condominio Santa Rosa I como muestra. En resumen, se obtiene como conclusión que la adopción del sistema del último planificador permitió una reducción significativa de los desperdicios y del tiempo en comparación con el método convencional, mejorando así la eficiencia en la realización de las tareas.

Pirca y Pirca (2019) en su investigación “Aplicación del sistema last planner system en el proceso de planificación de la obra: dirección regional de educación de huancavelica” evalúan los resultados de implementar el sistema del último planificador en la planificación de una obra ubicada en Huancavelica. La metodología empleada fue de enfoque inductivo, ya que se comenzó aplicando el sistema del último planificador a las áreas de arquitectura y estructura, para luego extenderlo a todo el proyecto. La investigación fue preliminar-experimental, utilizando un solo grupo de control con pruebas antes y después del tratamiento: inicialmente se aplicó una evaluación previa, luego se implementó el sistema experimental, y por último se llevó a cabo una evaluación posterior. Los resultados mostraron que la implementación del sistema del último planificador tuvo un impacto significativo en la eficiencia del trabajo. El trabajo no contributivo (TNC) y el trabajo contributivo (TC) disminuyó en un 12.37% y 8.65% de forma respectiva mientras que el trabajo productivo (TP) aumentó en un 21.02% según los datos obtenidos de la carta de balance utilizada en el estudio. Además, se alcanzó el porcentaje de 100% en el porcentaje de actividades cumplidas, con una media final del 84%, lo que refleja un alto nivel de compromiso con las tareas. La CNC o causas de incumplimiento se redujeron a 0 sucesos en las cuatro semanas finales tras la implementación del sistema, demostrando de esta manera la efectividad de las cartas de balance y el sistema del último planificador en la planificación de una obra ubicada en Huancavelica.

Buleje (2012) en su investigación titulada “Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construction” se explica cómo se maneja

la productividad en la construcción de un condominio mediante la aplicación de principios de Lean Construction. El estudio detalla la implementación de estos principios en el proyecto, utilizando evaluaciones de rendimientos in situ para todas las actividades, las cuales se registran en el informe semanal de producción (ISP). Este enfoque permite demostrar las capacidades del trabajador de la cuadrilla para realizar las distintas actividades que se les asigne. Además, se presenta un análisis de productividad empleado en cierta empresa, en el cual, a través del uso de las cartas de balance, se formulan soluciones concretas y concisas para mejorar la productividad de la obra en cuestión. La investigación se centra en la fase de construcción, la etapa donde se maneja mayor cantidad de recursos financieros y que Lean Construction denomina "ensamblaje sin pérdidas", haciendo un énfasis particular en el empleo de las denominadas cartas de balance.

Llaja (2019) en su investigación titulada “Aplicación de la filosofía lean construction en la programación, ejecución y control de proyectos en la localidad de Chachapoyas” busca aplicar los principios de la construcción eficiente en un proyecto de pistas y veredas, desarrollado por MR Village SAC. Los objetivos del estudio incluyen evaluar el alcance de la optimización del proyecto en estudio, identificar los desafíos al aplicar la filosofía Lean, fijar pautas específicas para futuros proyectos similares y analizar los costos de la implementación. La obra seleccionada para el análisis fue realizada en la población de Granada, en el distrito y provincia de Chachapoyas, Amazonas. El proyecto se llevó a cabo y fue controlado mediante una revisión exhaustiva de toda la documentación y el uso de formatos propios del lean. Durante la investigación, se emplearon las cartas de balance para analizar la distribución de los tiempos de los trabajadores en actividades específicas, el sistema lookahead para establecer una programación a corto plazo, se realizó un análisis de restricciones para identificar posibles limitaciones u obstáculos en las tareas planificadas, y el análisis de causas de no cumplimiento para identificar obstáculos que afectarían el cumplimiento a cabalidad de la ejecución del plan

semanal, así como para proponer soluciones a tiempo. Al concluir el estudio, se determinó que los principios de una “construcción sin pérdidas” contribuye a una mejora y aprovechamiento máximo de los recursos de los proyectos en un rango del 9% al 15%, además de que los costos de la aplicación de la filosofía son imperceptibles en contraposición con la rentabilidad obtenida.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar si la implementación de las cartas de balance mejora la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria.

1.3.2. Objetivos Específicos

Identificar los factores que generan pérdidas en la productividad en la mano de obra y como puede mejorar gracias a la implementación de las cartas balance en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria.

Determinar si la implementación de las cartas de balance mejora la eficiencia y eficacia de la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria.

Determinar si la implementación de las cartas de balance contribuye a una mejor planificación y ejecución de partidas, incrementando la confiabilidad en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria.

1.4. Justificación

La finalidad de este estudio es exponer los resultados de los análisis que obtendremos al implementar las cartas de balance, mediante los cuales mejorará el flujo de trabajo y en consecuencia conllevará a una mejora de la productividad en obra. Esta herramienta busca reducir las imprecisiones en la planificación de una obra, identificando las partidas en donde se genera más pérdidas en la productividad y plantear acciones de mitigación optimizando la gestión y monitoreo de actividades además de la fiabilidad en la programación.

1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general*

La implementación de las cartas de balance mejora la productividad y confiabilidad en las construcciones de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto “El Hara” – La Victoria.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

La implementación de las cartas de balance mejora la productividad en las construcciones de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto ‘El Hara’.

La implementación de las cartas de balance mejora la confiabilidad de la planificación en las construcciones de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto ‘El Hara’.

La implementación de las cartas de balance ayudará a identificar los factores que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y los mejorará en las construcciones de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto ‘El Hara’.

II. MARCO TEORICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Lean Construction*

Según Guzmán (2014). Los fundamentos de "Lean Construction" como una filosofía de trabajo tienen sus orígenes en Japón alrededor de 1950, con la aplicación de estos principios en sistema de producción de Toyota (TPS - Toyota Production System), desarrollado por los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno. La esencia del sistema de Toyota era producir pequeñas cantidades de productos a un precio muy por debajo de lo normal, enfocándose en la eliminación de desperdicios y la mejora continua. El éxito del TPS trascendió más allá del mismo país y se expandió globalmente, permitiendo a Toyota aumentar su participación en el mercado frente a competidores provenientes del país potencia de estados unidos. Finalizando los años de 1980, Una agrupación de expertos del Instituto de Tecnología de Massachusetts se desplazó a Japón para examinar este novedoso sistema. Al regresar, lo bautizaron como "Lean Manufacturing" o "Lean Production" y trabajaron en su difusión a nivel mundial. La filosofía "Lean Production" se centra explícitamente en la industria, con un enfoque en reducir desperdicios como la producción excesiva, el stock excesivo y los intervalos de inactividad. Introduce procedimientos que elevan significativamente los niveles de producción en obra en comparación con los métodos de producción tradicionales de la época. En el ámbito de la construcción, que a menudo enfrenta desafíos como variabilidad en las programaciones, exceso de desperdicios y una gestión errónea de los recursos, esfuerzos significativos han sido efectuados para abordar estos problemas. En 1992, Lauri Koskela, ingeniero de Irlanda, publicó el documento "Application of the New Production Philosophy to Construction", en el que se realizaron los primeros intentos de adaptar la filosofía Lean Production a la construcción. Este trabajo sistematizó ideas sofisticadas de gestión moderna, como la mejora continua y el Justo a Tiempo, integrándolos con la ingeniería de metodologías para replantear los enfoques

clásicos de gestión y planeamiento en proyectos de construcción. De esta manera se conoció la aplicación del “Lean Production” en la construcción como la mencionada filosofía “Lean Construction”.

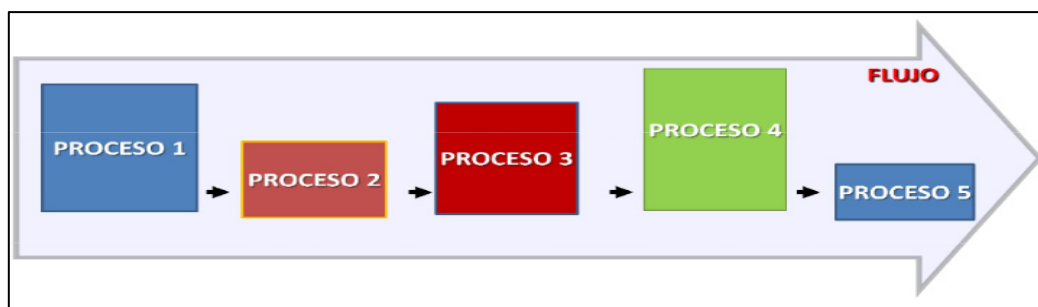
De acuerdo con Guzmán (2014), los desafíos más significativos actuales en la industria del sector construcción están vinculados a cuestiones de costo, tiempo y productividad en los proyectos. Para abordar estos desafíos, la filosofía de Lean Construction presenta una solución que halla su fundamento en el establecimiento de un sistema de producción altamente eficiente. Esta estrategia se basa en alcanzar tres objetivos esenciales, priorizados en un orden específico (pp. 11-15).

- Garantizar que los flujos de trabajo no se detengan

Según Guzmán (2014) la filosofía lean construction se enfoca en asegurar que la secuencia de trabajo sea constante, sin preocuparse demasiado por la eficacia de las secuencias y procesos en esta etapa clave (p. 12). Esta continuidad en los flujos significa que el trabajo no se interrumpe, lo que permite identificar posibles fallos en cada proceso y abordarlos de manera eficaz.

Figura 1.

Modelo de secuencia de trabajo



Fuente: Capitulo peruano LCI 2017

En la Figura 1, se evidencia una fluidez en los procesos gracias a la gestión de la variabilidad. Sin embargo, dado que estas actividades tienen capacidades de producción distintas, es posible que se presenten desperdicios o pérdidas.

- Alcanzar procesos eficientes

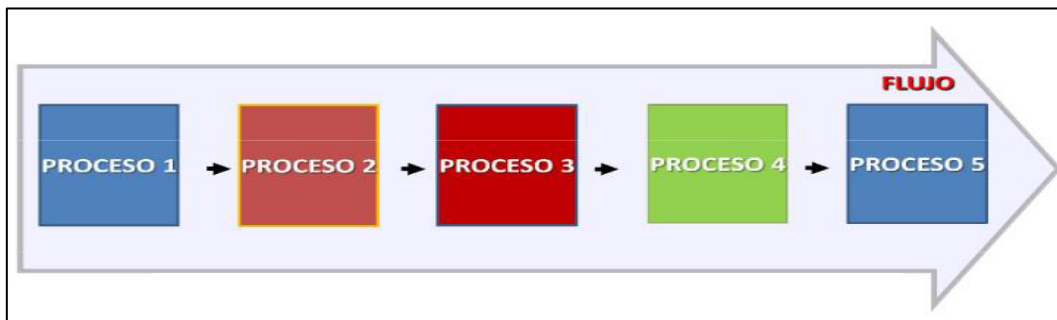
La siguiente fase es la búsqueda de procesos eficientes y eficaces. Esto implica la distribución equitativa de trabajos para cada proceso, lo que resulta en flujos de trabajo balanceados. Para lograr esto, se emplean las técnicas mencionadas a continuación:

Dinámica de producción: En esta fase, se hace uso de la teoría de restricciones para equilibrar los flujos. El objetivo es asegurar que cada proceso del sistema tenga un rendimiento de productividad uniforme

Secuencia de procesos: Al diseñar una secuencia de tareas, se busca que cada proceso cuente con una cantidad similar de trabajo y recursos, lo que facilita su ejecución en tiempos parecidos. Una vez realizada esta estructura, se organiza una secuencia lineal de los procesos.

Figura 2.

Modelo de secuencia de trabajo con flujos eficientes



Fuente: Capítulo peruano LCI 2017

Tras la implementación de las herramientas, se consigue un flujo estable y balanceado, lo que permite obtener procesos eficientes, tal como se visualiza en la figura 2.

- Alcanzar procesos óptimos

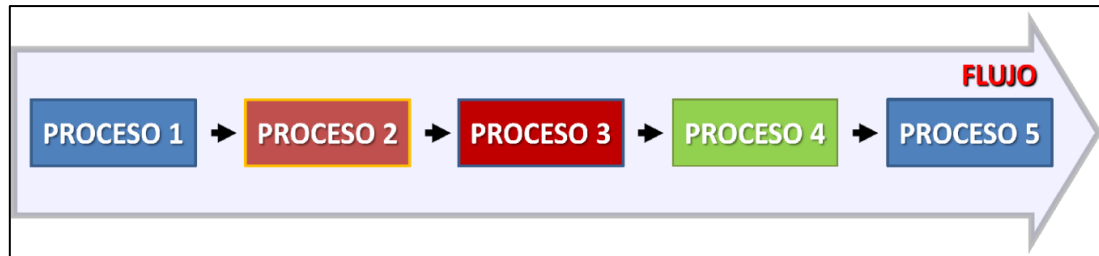
La tercera etapa para alcanzar un sistema de producción eficaz, según la filosofía lean, es lograr procesos óptimos y eficientes, después de haber cumplido los objetivos previos. Esta eficiencia se consigue mediante la mejora de procesos utilizando los métodos planteados por

la filosofía lean.

- Optimización de los procesos: En esta etapa, se utiliza la teoría de las restricciones para equilibrar los flujos y garantizar que la estructura de los procesos mantenga un potencial de producción semejante en todos los procesos.

Figura 3.

Modelo con los procesos óptimos



Fuente: Capítulo peruano LCI 2017

En base a la figura 3, el logro de esta meta final implica la capacidad de dimensionar apropiadamente los procesos y recursos, al mismo tiempo que se elimina el desperdicio dentro de cada proceso. Esto se traduce en la efectividad de todo el proceso de producción, al establecerse una secuencia de trabajo ininterrumpido.

2.1.2. Sistema del Último Planificador

Según Cornejo et al. (2017) el sistema del último planificador es un mecanismo dentro del "Lean Construction" que es empleado para gestionar las interdependencias en medio de las etapas de construcción y aminorar la incertidumbre entre ellas. Su objetivo principal es asegurar un elevado nivel de cumplimiento en las actividades de planificación aumentando la fiabilidad.

Este sistema implica la reconfiguración de los sistemas de planificación tradicionales, a menudo involucrando a nuevos actores, como capataces y subcontratistas, para asegurar un compromiso efectivo en la planificación. No se trata simplemente de utilizar un software de programación para coordinar las tareas del proyecto, sino de definir qué debe hacerse, cómo, quién es responsable y por qué se realiza cada acción. Glenn Ballard propone este sistema

basado en los fundamentos del "Lean Construction", con una orientación en aumentar la fiabilidad de la planificación y mejorar el rendimiento, implementando acciones en etapas clave: La programación a mediano plazo (Programación Look A head) y la programación semanal, dentro del marco lean, en conjunto con las estrategias de gestión aplicadas, tienen como objetivo disminuir las pérdidas fundamentales optimizando la fiabilidad en las secuencias de tareas. El propósito central es aumentar la certeza en la asignación de tareas directamente en la producción. Los modelos de organización convencionales suelen diseñar cuadrillas con una adaptabilidad que busca mantenerlas ocupadas, lo que introduce incertidumbre en las secuencias de tareas y genera desperdicios. Una secuencia de tareas pronosticable en distintas etapas de la producción puede reducir la variación en los requisitos de recursos y, por lo tanto, minimizar la necesidad de reajustar operaciones subsiguientes. En contraste, considerando enfoques tradicionales en la organización de obras, se destina una considerable cantidad de recursos y tiempo en la elaboración de plan de gastos y planes del proyecto, que a menudo se desvían desde el comienzo de la ejecución. Esto provoca una serie de ajustes continuos en la planificación, incrementando la presión para acelerar la construcción, lo que, a su vez, eleva los precios en la fuerza laboral de los proyectos y reduce la eficiencia.

Para abordar esta falta de confiabilidad en la planificación, se han desarrollado metodologías que se centran en la programación en intervalos de tiempo más reducidos, ofreciendo así una mayor previsibilidad y fiabilidad, en contraste con los enfoques amplios. (pp.10)

De acuerdo con Cornejo et al. (2017), el Último Planificador es la figura encargada de supervisar de manera directa el progreso del trabajo realizado por las unidades de producción en un proyecto. Por lo general, este rol asume la responsabilidad de evaluar y gestionar las facultades de las áreas productivas, controlar su desempeño y asegurarse de la excelencia de los bienes entregados. La identidad del Último Planificador puede variar según la etapa del

proyecto: en la etapa de planificación, el planificador principal sería el encargado; en la fase constructiva global, podría corresponder al ingeniero del proyecto; en un proyecto específico, podría ser el encargado de la obra que está al mando de la ejecución.

En primer lugar, es importante analizar la idea de variabilidad o en el contexto del sector construcción. Por citar un caso, el ritmo de avance de una tarea se suele medir utilizando un número simple, como "Planeamos montar 80 toneladas de componentes de acero por día". Sin embargo, a pesar de que se establezca un ritmo uniforme para todas las tareas, esta cifra individual no refleja adecuadamente la rapidez global de producción en su conjunto. Dicha cifra es solo una media ya que la producción efectiva puede fluctuar debido a diversas razones, como las diferencias en la dimensión, magnitud y volumen de los componentes, la accesibilidad al sitio de instalación, flexibilidad de elevación y elaboración, entre otros. Esta variación se conoce como "variabilidad". La ausencia de variabilidad se traduce en una producción fiable (Tommelein et al., 1998).

En el ámbito de la construcción, tanto la gestión como la organización son técnicas fundamentales. Estas tareas son llevadas a cabo por diverso personal en distintos lugares y en distintos momentos a lo largo del ciclo de vida del proyecto en general. Una programación efectiva debe estar alineada con las metas generales del proyecto considerando también sus limitaciones. Sin embargo, en definitiva, ya sea una persona o un grupo, debe decidir el trabajo físico y específico que se llevará a cabo el día siguiente. Estos planes específicos se conocen como "asignaciones". El encargado de realizar tales "asignaciones" se denomina "El último planificador" (Ballard y Howell, 1994).

Los planificadores finales determinan qué se realizará, basándose en un proceso de planificación que debería llevarse a cabo, en lugar de lo que puede realizarse. (pp.11-12).

Figura 4.

Asignaciones en el sistema del último planificador



Fuente: Ballard (2000)

Por otro lado, Pons (2014) indica que el sistema del último planificador o LPS introduce un elemento de gestión en la producción en el esquema convencional de dirección de proyectos. Se puede interpretar al último planificador como un mecanismo para transformar "lo que debería hacerse" en "lo que se puede hacer", generando así un repertorio de tareas ejecutables que se pueden integrar en los esquemas de trabajo semanales. Incorporar estas tareas en los esquemas semanales representa una responsabilidad por parte de los planificadores (encargados de obra o supervisión) sobre "lo que efectivamente se llevará a cabo".

De esta manera, el sistema del último planificador se presenta como una estrategia de gestión de producción orientada a unir los aspectos de "lo que debería hacerse" – "lo que se puede hacer" – "lo que se hará" – "lo que se hizo realmente" de la organización y designación de actividades. Su propósito es garantizar un flujo de trabajo consistente y promover una rápida adquisición de conocimientos.

Al enfocarse en la totalidad del proyecto, asegura que se cumplan los compromisos del plan semanal cada semana, lo que conlleva a eliminar la necesidad de programas de contingencia, planes de respaldo, exceso de inventarios.

Evitar retrasos puede traducirse en ahorros significativos semana tras semana en

términos de costos relacionados con maquinaria, herramientas, costos de arrendamiento, personal y bienes necesarios para sostener el lugar de trabajo operativo. (p. 55).

Figura 5.

Modelo planificación del proyecto con el uso de last planner



Fuente: Pons (2014)

Asimismo, Pons (2014) indica que la gestión de producción del último planificador se basa en tres elementos clave.

La planificación anticipada es esencial: no se debe permitir que se inicie cualquier tipo de tarea en la fecha prevista solo si los últimos planificadores están totalmente convencidos de que se podrán resolver todas las limitaciones en el intervalo establecido. Este enfoque asegura que los problemas se identifiquen con antelación, evitando que los inconvenientes no resueltos en la fase de organización afecten la realización del proyecto, incluyendo fabricación, diseño o construcción. Responsabilidad con la planificación: El compromiso o responsabilidad se mide mediante un parámetro clave llamado porcentaje del plan completado. El PPC mide si el trabajo se ha realizado de acuerdo con lo prometido o no. Este indicador proporciona responsabilidad en la ejecución del proyecto y sirve para identificar áreas de mejora. Las lecciones aprendidas se aplican para optimizar las prácticas, esquemas y procesos. Los

proyectos que utilizan el “sistema del último planificador” muestran una confiabilidad en la programación en un porcentaje de 85%, frente al 50% de los proyectos convencionales. Además, se destaca la importancia de considerar las pautas estándar antes de designar tareas a los obreros para protegerlos de posibles ambigüedades. Esto está vinculado con el principio de Taiichi Ohno utilizado en Toyota, que dicta que un empleado debe detener la producción si observa algún fallo en algún componente defectuoso en lugar de permitir que avance a la siguiente fase. En el sector de la construcción, expresar un "No" ha sido una medida drástica. El “último planificador” promueve un cambio de mentalidad que permite a los trabajadores rechazar tareas si no se han cumplido los requisitos previos necesarios.

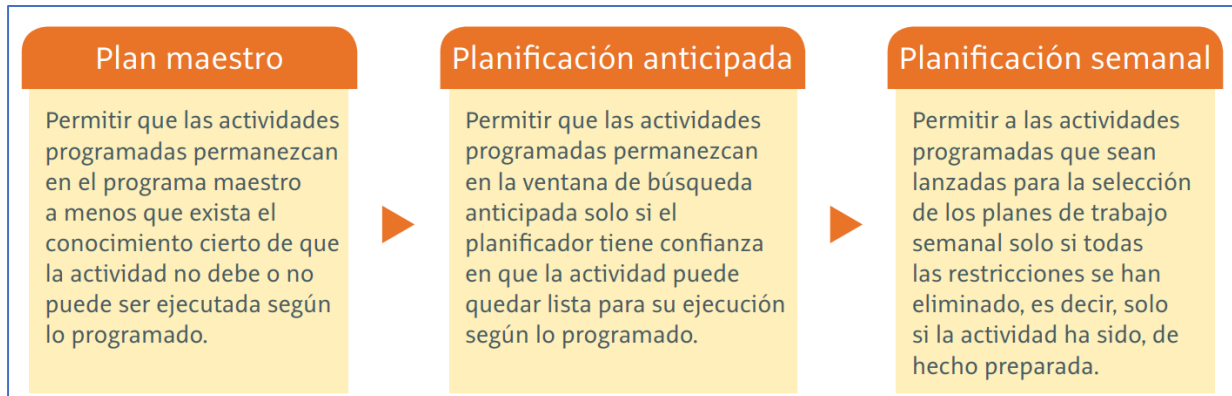
Capacitación: En este componente, se revisa semanalmente el itinerario de trabajos de la pasada semana para evaluar cuales obligaciones llegaron a culminarse. Cuando un compromiso no se cumple, se documenta el motivo.

Estas razones se analizan periódicamente para identificar la razón de lo ocurrido y se toman medidas correctivas para prevenir que se repita el incumplimiento. El monitoreo constante de los motivos detrás del fallo del plan permite medir la eficacia de las medidas rectificadoras. (p. 57)

Pons (2014), por otro lado, explica las etapas de implementación del lps. Según él, este sistema supera las prácticas estándar de programación de proyectos al incluir planificaciones a nivel intermedio, así como semanales, junto con el monitoreo de métricas de rendimiento como el PPC. Asimismo, sugiere un enfoque para abordar las causas fundamentales que han provocado la falta de cumplimiento del cronograma. (p.57)

Figura 6.

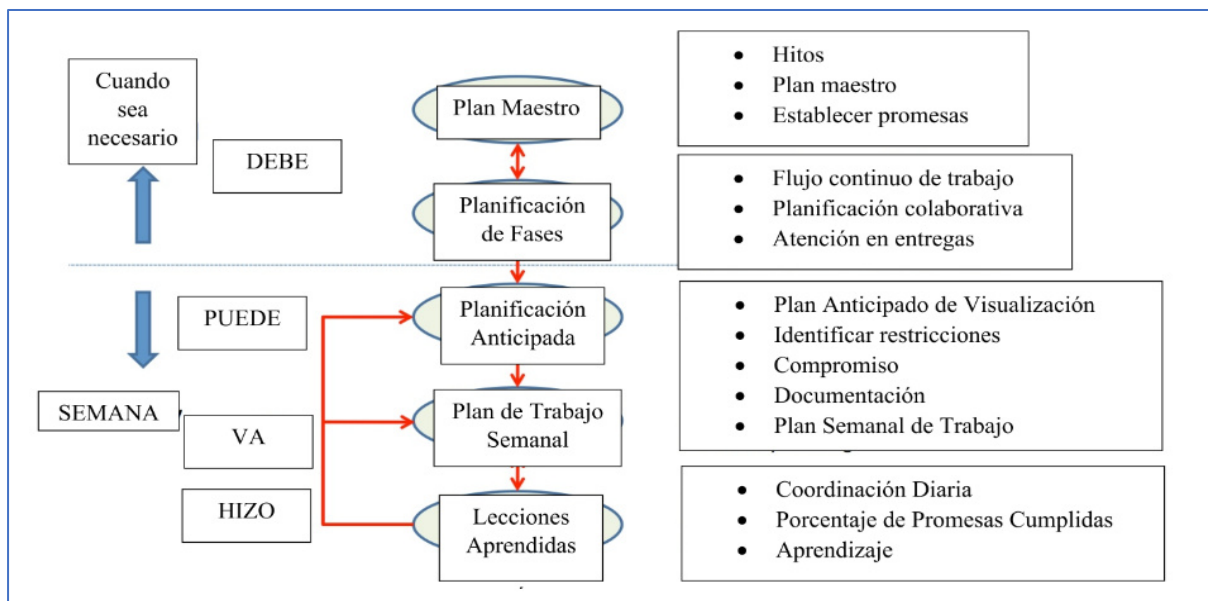
Los tres niveles principales de jerarquía en una programación



Fuente: Pons (2014)

De acuerdo con Pons (2014), el proceso del Último Planificador comienza con la creación de un Plan Global o Maestro que valida la factibilidad de los tiempos establecidos y los puntos clave del proyecto. Ya finalizado este plan, se procede a una planificación por etapas para cada hito específico. Los miembros del equipo que ejecutan el trabajo colaboran en la creación de un plan detallado para cada fase del proyecto, que constituye el esquema de producción necesario para la finalización del proyecto. Esta planificación por fases da lugar a la elaboración de un Plan de Mirada Anticipada (Look Ahead Plan), el cual cubre idealmente un periodo de seis semanas. Este enfoque se centra en la organización y ejecución a corto plazo, mejorando la agilidad y la efectividad en la administración de proyectos de construcción.

El Plan de Mirada Anticipada facilita al equipo prever y reunir todos los recursos necesarios para llevar a cabo las tareas que están preparadas para iniciar según el calendario de fases. Adicionalmente, el equipo desarrolla una programación de semana que permite determinar las tareas que se pueden realizar, aquellas que deben realizarse y lo que está programado para la semana siguiente. (p. 57)

Figura 7.*Composición del Sistema del Último Planificador*

Fuente: Richert y Vargas, (2014)

2.1.3. Plan Maestro:

El plan maestro o programación maestra en el contexto del Último Planificador se centra en identificar los hitos clave que facilitan evaluar el progreso necesario para el éxito del proyecto. Estos hitos suelen incluir fechas límite para las principales etapas de un proyecto determinado y plazos para la apertura de órdenes de compra de elementos con tiempos de entrega prolongados. A menudo, en la mayoría de empresas se emplea el esquema de Gantt para proporcionar un desglose diario de las actividades, desde el inicio de las obras preliminares hasta la culminación del proyecto. No obstante, dado que los proyectos de construcción suelen presentar una alta incertidumbre, esta forma de planificación detallada no siempre resulta eficaz para una programación efectiva.

En lugar de una programación extremadamente detallada, el plan maestro dentro del sistema del último planificador se centra en establecer se enfoca en definir fechas aproximadas para hitos clave, tales como el comienzo de los movimientos de tierra o la finalización de la estructura principal.

Además, según Pons y Rubio (2019), mencionan que durante esta fase es primordial definir claramente el alcance del proyecto y los hitos significativos. Se hace necesario garantizar que el personal completo comparta una visión común del proyecto y que se alineen los intereses y requerimientos. El tamaño y composición del equipo a tener en cuenta dependerá de la extensión con la que se implemente el sistema del último planificador y del momento en que se empiece a aplicar estas prácticas en el proyecto. (p. 36)

Asimismo, mencionan que la concepción tradicional del programa maestro a menudo resulta incompleta, limitándose a un diagrama de Gantt que abarca toda la construcción a realizar. Pese a ello, una verdadera programación maestra, inspirado en los principios del lean, debe ofrecer todo el personal de obra una comprensión unificada de las metas del proyecto. Esto es fundamental para facilitar un seguimiento adecuado de su progreso y alcance. (p.37)

Varios de los elementos a tener en cuenta en un plan maestro son los siguientes:

- Especificación de la cobertura del proyecto.
- Evaluación de las partes involucradas, tales como el cliente, trabajadores, proveedores, subcontratistas, supervisores, empresas, entre otros.
- Elaboración del esquema de división del trabajo.
- Establecimiento del esquema organizativo.
- Evaluación de los posibles riesgos.
- Formulación de la táctica de ejecución de las tareas.
- Determinación de los recursos esenciales requeridos, que abarcan maquinaria, suministros y personal.
- Planificación total de la obra en cuestión, incluyendo los trenes de las actividades primordiales, duración estimada, etc.
- Estimación de los costos asociados a las actividades, entre otros aspectos (p.37)

Según Pons y Rubio (2019), idealmente, el primer paso en el “SUP” comienza con la programación de los hitos principales del proyecto, preferiblemente entre dos a cuatro meses previamente a comenzar la construcción. Sin embargo, esto puede no ser viable en todos los casos a raíz de posibles retrasos en la confirmación por parte de los subcontratistas. En la práctica común, a menudo esta sesión se lleva a cabo muy cerca del inicio de la obra o incluso después de que esta haya comenzado.

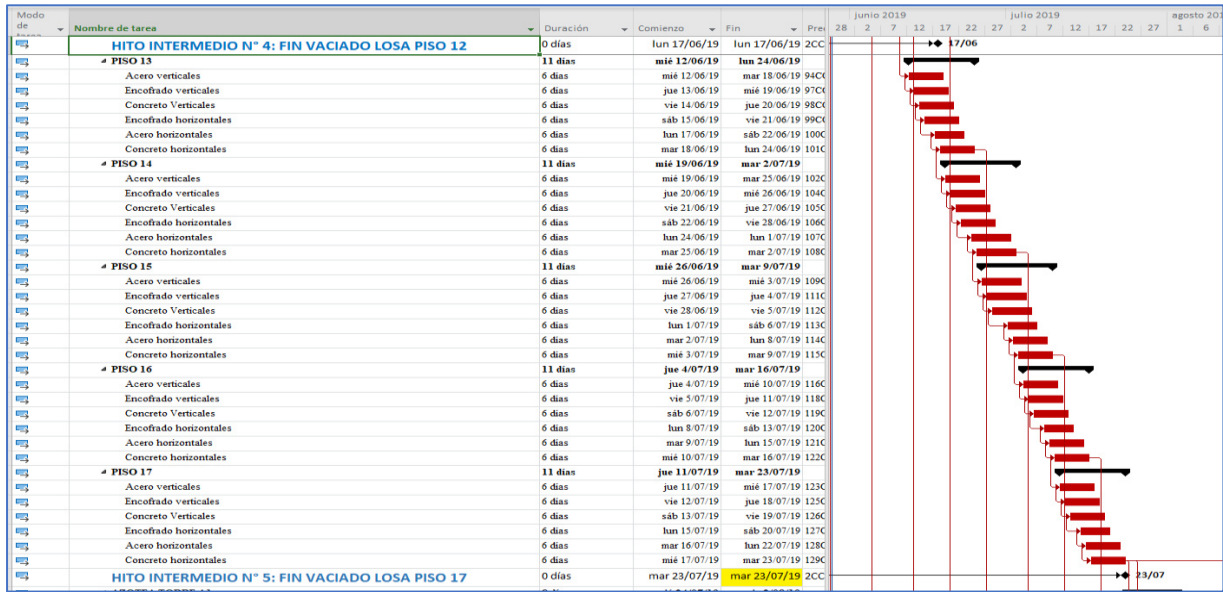
En esta etapa es fundamental reconocer las diversas etapas que compondrán el proyecto, comprendiendo que para cada una de ellas se debe llevar a cabo lo que se denomina programación por etapas. Para determinar estas etapas, se recomienda tomar en cuenta, como mínimo, las siguientes variables:

- Resultados anticipados, áreas clave en el proyecto.
- Asignación de recursos: ¿se comparten entre todas las zonas de trabajo? ¿o cada zona cuenta con sus propios recursos?
- Hitos: tanto aquellos internos como los establecidos contractualmente.
- Evaluación y gestión de riesgos y contingencias.

Se considera fundamental emplear formatos y esquemas que faciliten la comprensión del plan delineado y comunicar de manera transparente, ilustrativa y precisa hitos clave, entregas intermedias, situaciones imprevistas además de técnicas de planificación. (p.39)

Figura 8.

Hitos del proyecto El Hara



Fuente: (Elaboración propia)

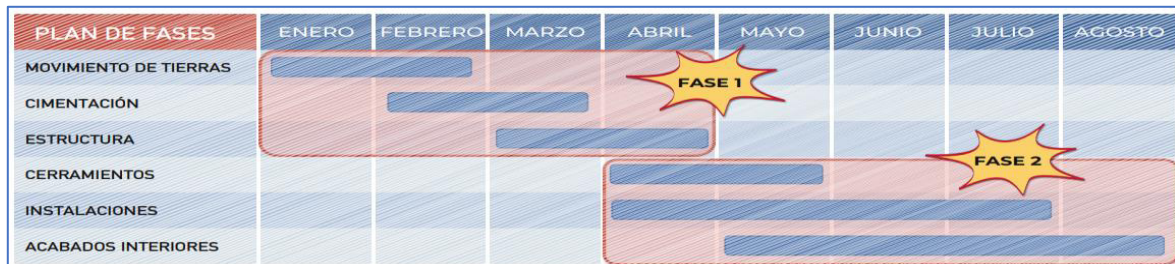
2.1.4. Planificación por fases

De acuerdo con Pons y Rubio (2019), en esta fase del sistema se pretende establecer y confirmar las tareas esenciales para poder completar cada fase del proyecto. Por lo general, esta fase implica planificar un período de tiempo que oscila entre 3 y 6 meses, aunque su duración puede variar según las particularidades del proyecto en cuestión.

Concluyendo esta fase, contaremos con una programación de trabajo acordado y respaldado por todos los involucrados, que también incluirá la identificación de las principales limitaciones del proyecto. (p. 40).

Figura 9.

Plan de fases de una vivienda unifamiliar

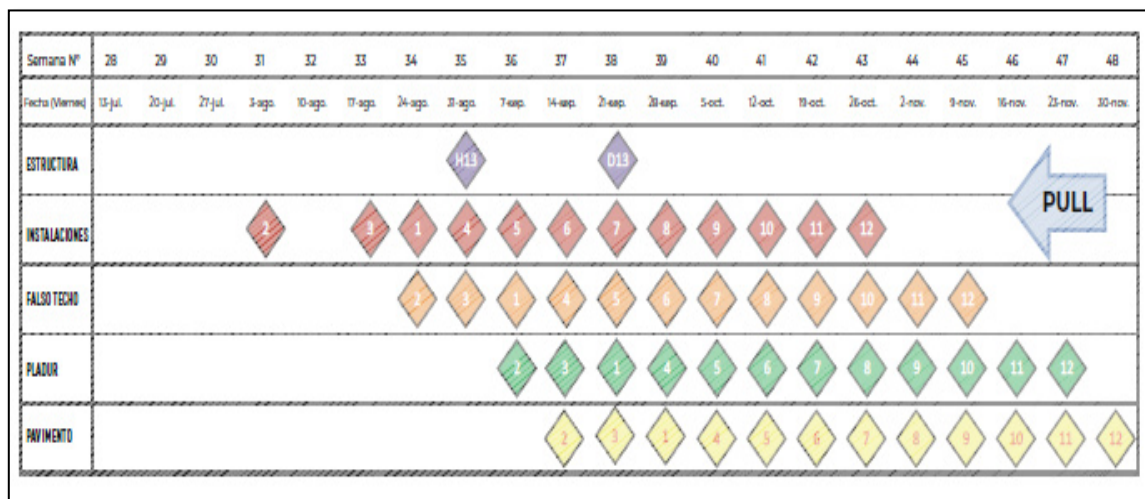


Fuente: Pons y Rubio (2019)

Por su parte, Richert y Vargas (2022) señalan que la planificación por etapas adopta una perspectiva de tipo “pull”, en el que los planificadores aclaran la sucesión de solicitudes y acuerdos entre ellos. Esta perspectiva sigue un principio fundamental del lean, centrado en crear un flujo de tareas continuas. Para lograrlo, se comienza estableciendo la circunstancia final requerida para completar cada etapa y se construye la cadena de valor a través de la cual el cliente realiza una solicitud y el encargado garantiza, definiendo claramente cómo se llevará a cabo el trabajo de una actividad a la siguiente. El “pull planing” brinda una valiosa oportunidad para que el equipo establezca una marcha de trabajo que minimice la variabilidad en el proceso. (p.1)

Figura 10.

Planificación tipo “pull”



Fuente: Pons y Rubio (2019)

Según Pons y Rubio (2019), indica que una planificación pull se comienza por identificar cuál es el último resultado esperado de la fase que se va a planificar. A partir de este punto de referencia final, se plantea la pregunta "¿Qué actividades necesitan completarse justo antes para lograr este resultado?" Esto involucra que la actividad anterior se comprometa con el cliente y establezca los términos para satisfacer ese compromiso. Para un reciente proyecto, es preciso determinar unas medidas para establecer los hitos principales o fases. Durante la

etapa de la construcción, se llevan a cabo sesiones Pull o se actualizan las ya realizadas según sea necesario para cumplir con los tiempos de entrega. La estrategia y la duración de estas sesiones de trabajo variarán según la naturaleza y complejidad del proyecto, y se deben tener en cuenta las tarjetas y paneles utilizados en la planificación Pull. (pp. 42 - 46)

Pons y Rubio (2019), indican que para llevar a cabo la implementación de la programación por etapas después de iniciar la reunión de “planificación pull”, es aconsejable comenzar con una conversación acerca de las previsiones del proyecto y una introducción de los colaboradores, estableciendo de manera precisa los roles de cada miembro del equipo. Posteriormente, el encargado de la obra debe presentar último hito de la etapa, especificando la tarea previa que debe completarse para lograr dicho hito. Desde ese punto, el equipo comienza a involucrarse activamente.

La “planificación Pull” facilita que el grupo se enfoque principalmente en la cantidad de tareas que debe hacerse en un lugar y momento específico. Asimismo, ofrece ventajas para que los integrantes del grupo puedan comprender sus funciones tanto en calidad de usuario como de proveedores simultáneamente. En esta etapa de programación se presta atención a la duración de las tareas, las entregas o cambios de actividades, el tamaño de los equipos y las limitaciones específicas de cada tarea. Entre las cuestiones importantes que deben considerar los planificadores en una “planificación Pull” se incluye:

- ¿Qué tareas deben completarse antes de poder comenzar con esta etapa?
- ¿Qué obstáculos podrían retrasar el inicio de esta tarea?
- ¿Existen otros factores que podrían dificultar el comienzo de esta tarea?
- ¿Es factible ejecutar esta tarea simultáneamente con otra tarea? (pp. 47 - 48)

Figura 11.

Panel de planificación de fases: "pull sesión"

	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
 BLOQUE 1		◆		
 BLOQUE 2			◆	
 BLOQUE 3				

Fuente: Pons y Rubio (2019)

2.1.5. Planificación a medio plazo o Lookahead

Según Pons y Rubio, (2011) la planificación se enfoca en actividades que tienen una duración de 4 a 6 semanas. Los "últimos planificadores" eligen y desglosan estas actividades en asignaciones, para luego llevar a cabo una revisión de las posibles limitaciones o restricciones. El propósito es generar tareas liberadas y preparadas para ser programadas por semana. Se explican las instrucciones a seguir:

- Identificar tareas programables: Seleccionar aquellas actividades que pueden ser realizadas según la programación, considerando posibles cambios en el diseño, temas pendientes, disponibilidad de materiales y la probabilidad de finalización oportuna de actividades previas.
- Desglosar actividades en asignaciones: Dividir las actividades en órdenes directas de trabajo.
- Identificación de limitaciones o restricciones: Anticipar posibles causas que podrían impedir la ejecución de una actividad.
- Análisis de restricciones: Evaluar la disponibilidad de información y recursos, así como el progreso de trabajos preliminares, para determinar si las asignaciones pueden ser


realizadas según la programación. Solo se permitirá el avance y la inclusión en la programación de las tareas que estén liberadas y sin limitaciones ni observaciones.

- Asegurar un "trabajo de reserva": Grupo de tareas destinadas a mantener la eficiencia en caso de imprevistos o finalización anticipada de actividades planificadas.
- Ajustar la distribución del trabajo según los recursos aprovechables en el lugar.
- Enumerar los requisitos necesarios para ejecutar las asignaciones según la planificación por semana.

Al evaluar las limitaciones, es crucial tener en cuenta varios factores. Estos incluyen la finalización de asignaciones previas, las especificaciones técnicas de cada actividad, la existencia de materiales y componentes requeridos, así como el equipo y mano de obra que se tiene a disposición. Además, es importante considerar el espacio disponible.

Figura 12.

Planificación a futuro (Look a head del proyecto HARA)

	PROPIETARIO	GRUPO LAR														HECHO POR	GINO CASTAÑEDA SEGOVIA									
	DIRECCION	CALLE FERMIN TANGUIS 160 - LA VICTORIA														REVISADO POR	ROBERT ALEMÁN INFANTE									
INFORMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	JULIO																									
	SEMANA 27					SEMANA 28					SEMANA 29					SEMANA 30										
	lu	sá	mi	ju	vi	lu	ma	mi	ju	vi	lu	ma	mi	ju	vi	lu	ma	mi	ju	vi						
DESCRIPCION	01	02	03	04	05	08	09	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26						
	266	267	268	269	270	273	274	275	276	277	280	281	282	283	284	287	288	289	290	291						
TORRE A1-A2																										
PISOS 1 AL 20																										
TRAZO Y REPLANTEO	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20											
ACERO VERTICALES	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20											
ENCOFRADO VERTICALES	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20										
CONCRETO VERTICALES	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20										
ENCOFRADO DE FONDO y 01 COSTADO VIGAS	S2 P16	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20									
ACERO DE VIGAS	S2 P16	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20									
ENCOFRADO DE LOSAS	S1 P16	S2 P16	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20								
COLOCACIÓN DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS	S1 P16	S2 P16	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20								
ACERO DE LOSAS	S1 P16	S2 P16	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20								
INSTALACIONES ELECT. SANIT.		S1 P16	S2 P16	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20							
CONCRETO - VIGAS Y LOSAS		S1 P16	S2 P16	S3 P16	S4 P16	S1 P17	S2 P17	S3 P17	S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18	S4 P18	S1 P19	S2 P19	S3 P19	S4 P19	S1 P20	S2 P20							

Fuente: Elaboración propia

2.1.6. Análisis de restricciones

Según Herrera y Sánchez, (2015) Las restricciones a analizar consiste en identificar los

impedimentos que podrían obstaculizar el progreso de las actividades o provocar retrasos. Así, una vez que se han definido las tareas en el Lookahead Schedule, se procede a examinar las limitaciones asociadas a estas tareas, con el fin de identificar los factores que podrían retrasar su ejecución dentro del plazo establecido. Para alcanzar este objetivo, es esencial que el cronograma principal tenga la mayor minuciosidad y precisión. La meta primordial de este análisis es garantizar que haya lista de actividades listas y disponibles para ser programadas sin contratiempos.


El análisis de restricciones tiene como objetivo principal facilitar el avance semanal, conforme a la planificación establecida en el lookahead planning. Se busca movilizar las asignaciones para su ejecución a medida que se eliminen las restricciones que las obstaculizan, permitiendo así seguir el progreso del proyecto de manera fluida y conforme a lo planificado.

Además, para mantener un control más efectivo sobre el flujo de trabajo, es fundamental coordinar todos los elementos necesarios para ejecutar las actividades programadas. Este procedimiento de preparación para llevar a cabo las actividades futuras se denomina liberación de restricciones. La liberación puede abarcar factores como el diseño, los suministradores, el personal de obra disponible, equipos y otros elementos relevantes. (p. 35)

Asimismo, Pons y Rubio (2019) destacan la importancia de que los encargados de las cuadrillas de obra que se encargan de realizar las actividades encomendadas de la obra participen activamente en las reuniones de planificación. Estos participantes son los que mejor comprenden la situación actual de sus grupos y pueden tomar decisiones y comunicar a sus superiores la problemática en el día a día de las actividades o inconvenientes que surjan, especialmente aquellas situaciones que excedan su función principal. (p. 55)

Figura 13.

Análisis de restricciones “El Hara”

		CÓDIGO DEL PROYECTO: 18 - 004 NOMBRE DE PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR HARA CLIENTE: GRUPO LAR UBICACIÓN: CALLE FERMIN TANGUIS 160 - LA VICTORIA		FECHA HOY: 03/06/2019 FECHA ELAB.: 03/06/2019 HECHO POR: GINO CASTAÑEDA SEGOVIA REVISADO POR: ROBERT ALEMÁN INFANTE		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES			
Item	Descripción de la Restricción	TIPO	Actividades Programadas Afectadas	Acciones o Compromisos a Realizar	Responsable del Levantamiento	Fecha Limite de Levantamiento	Cantidad de Días Faltantes	Estado de Días Faltantes	Estado de Restricción
ESTRUCTURAS									
1.00	SÓTANO 4								
1.01	Plancha compactadora	EQ	Compactación de subrasante de sótano 04 y subestación	Solicitud al área de administración	LISBETH TAYPE	10/06/2019	7,0	En Fecha	Pendiente
1.02	Hacer plano de Juntas	ADM	Diseñar plano de Juntas	Realizar diseño	DASHIELL MUNARRIZ	10/06/2019	7,0	En Fecha	Pendiente
1.02.03	Definición de ejecución de losa de Sub Estación	CLI	Encofrado de Sector 5 Sótano 1	Solicitud de confirmación de ejecución de trabajos luego de ingreso de Luz del Sur	LISBETH TAYPE	10/06/2019	7,0	En Fecha	Pendiente
14.00	PISO 14								
13.01	COLUMNAS Y PLACAS								
13.01.01	Llegada de acero dimensionado de Sector 1. Pase Económico	MAT	Colocación de acero en verticales	Seguimiento de programación	GARDY ESTRADA	08/06/2019	5,0	En Fecha	Pendiente
13.01.02	Llegada de acero dimensionado de Sector 2. Pase Económico	MAT	Colocación de acero en verticales	Seguimiento de programación	GARDY ESTRADA	08/06/2019	5,0	En Fecha	Pendiente
13.01.03	Llegada de acero dimensionado de Sector 3. Pase Económico	MAT	Colocación de acero en verticales	Seguimiento de programación	GARDY ESTRADA	12/06/2019	9,0	En Fecha	Pendiente

Fuente: Propia

2.1.7. Programación Semanal

La programación semanal es una programación preliminar que detalla las tareas que se llevarán a cabo en la semana en cuestión. En esta etapa, se tiene la certeza que ninguna de las actividades planificadas esté sujeta a limitaciones que puedan obstaculizar su realización.

Según Herrera y Sánchez (2015), la programación semanal constituye la base para evaluar el cumplimiento de las actividades planificadas y para identificar y analizar las razones del incumplimiento. A partir de este análisis, se puede afirmar que el objetivo es supervisar las unidades de producción. Mediante la medición del cumplimiento de los puntos mencionados, se persigue lograr asignaciones cada vez más fiables. Las asignaciones de calidad deben cumplir con ciertas características:

- Selección del trabajo en la secuencia adecuada.
- Determinación de la cantidad de trabajo apropiada.
- Aseguramiento de que el trabajo seleccionado pueda ejecutarse.

Para aplicar estos conceptos en las asignaciones, el responsable de llevarlas a cabo debe tener un conocimiento cercano de las características de las unidades de producción y de las condiciones del campo. Por lo tanto, el encargado de esta última etapa de planificación es el "último planificador", que puede ser el ingeniero de campo, capataces, supervisores, entre otros. Es fundamental que estas personas tengan un contacto directo y una responsabilidad clara sobre las unidades de producción y el campo. (pp. 39-40)

Figura 14.

Formato de plan de trabajo semanal

PROGRAMACION SEMANAL							
NOMBRE DE PROYECTO PLAZA LA DALMACIA			AREA / DPTO EDIFICACIONES				
CODIGO DE PROYECTO 15			PROPIETARIO GERENCIA Y CONSTRUCCION EDIFICA SAC				
Descripción de la Actividad	Und	Metrado Programado	SEMANA 4				
			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
EXCAVACION MASIVA Y ELIMINACION							
EXCAVACION MASIVA 2DO ANILLO	M3	3750	450	450	450	450	450
MUROS ANCLADOS (2DO Y 3ER ANILLO)							
PERFORACION DE ANCLAJES CON MAQUINA	ML						4 PAÑOS
INYECCION DE CONCRETO	ML						4 PAÑOS
EXCAVACION DE BANQUETAS CON MAQUINA	M3	315	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS
PERFILADO DE BANQUETA (MANUAL) Y LECHADA DE CEMENTO	M2	210	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS
COLOCACION DE ACERO	UND	9	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS
EXCAVACION Y RELLENO DE ZANJA PARA EMPALMES DE ACERO	UND	9	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS
ENCOFRADO DE MURO	M2	105	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS
COLOCACION DE CONTRAFUERTE PARA ENCOFRADO	UND	6	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS
VACIADO DE MURO	M3	31.5	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS
DESENCOFRADO	M2	52.5	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS	3 PAÑOS
TENSADO DE ANCLAJES DE MUROS	UND						

Fuente: Herrera y Sánchez (2015)

2.1.8. Programación Diaria (Parte Diario)

Se conoce comúnmente como "tareo". Dicho registro se da diariamente al encargado de cada una de las cuadrillas. Su principal propósito es presentar a detalle las actividades que deben llevarse a cabo durante el día y el tiempo empleado en cada una de ellas. La intención detrás del tareo es formalizar las instrucciones y requerimientos del ingeniero de campo en lo que respecta a las tareas a realizar.

Según Ramos et al. (2014), durante la jornada laboral del día, se establece un listado de tareas y/o actividades a realizar, donde se programa el trabajo que llevarán a cabo todos los obreros. Todos los participantes deben estar al tanto de este inventario, que se presenta tanto en formato gráfico como escrito. El objetivo es asegurar que se cumpla con la programación al concluir la semana.

Figura 15.

Ejemplo de planificación semanal

IJE		CÓDIGO DEL PROYECTO : IB-004		NOMBRE DE PROYECTO : EDIFICIO MULTIFAMILIAR HARA		CLIENTE : GRUPO IAR		UBICACIÓN : LA VICTORIA		PLAN DIARIO 09/05/19										
INFORMACIÓN DE ACTIVIDADES											concreto		Metrados		PPC Diario		LIBERACION			
Item	Descripción de Trabajos	Fase	Código de Elemento	Ubicación			Programados	Ejecutados	SI	NO										
				Sector	N° Piso	Ejes														
ESTRUCTURAS																				
PISO 9																				
ACERO																				
	VIGAS	7		SECTOR 1.2	PISO 09	SECTOR 1.2	1.00													
	PLACAS Y COLUMNAS	7		SECTOR 3.4	PISO 09	SECTOR 3.4	1.00													
ENCOFRADO																				
	LOSAS Y VIGAS	6		SECTOR 1.2	PISO 09	SECTOR 1.2	1.00													
	PLACA	6	PLACA B2	SECTOR 2	PISO 09	G3-4	1.00													
	COLUMNA	6	COL CB1	SECTOR 2	PISO 09	F3	1.00													
	COLUMNA	6	COL CB1	SECTOR 2	PISO 09	F5	1.00													
	COLUMNA	6	COL CB2	SECTOR 2	PISO 09	F3-4	1.00													
CONCRETO																				
	PLACA	5	PLACA B2	SECTOR 2	PISO 09	G3-4	6.3 m3	1.00												
	COLUMNA	5	COL CB1	SECTOR 2	PISO 09	F3	1.00 m3	1.00												
	COLUMNA	5	COL CB1	SECTOR 2	PISO 09	F5	1.00 m3	1.00												
	COLUMNA	5	COL CB2	SECTOR 2	PISO 09	F3-4	0.70 m3	1.00												
PISO 8																				
ACERO																				
	LOSAS Y VIGAS	7		SECTOR 4	PISO 08	SECTOR 4	1.00													
ENCOFRADO																				
	LOSAS Y VIGAS	6		SECTOR 3.4	PISO 08	SECTOR 3.4	1.00													
CONCRETO																				
	LOSA	5		SECTOR 3	PISO 08	SECTOR 3	51.0 m3	1.00					03:00 p.m.							
											CONFIABILIDAD O EFECTIVIDAD DE PROGRAMACIÓN DIARIA									

Fuente: Elaboración propia

2.1.9. Sectorización

Según Castro y Pajares (2014) la sectorización es un mecanismo importante en la optimización del flujo de trabajo en la construcción y se lleva a cabo siguiendo una serie de pasos. En primer lugar, es necesario contar con un método de construcción claramente definido. Posteriormente, se procede a determinar las dimensiones de las actividades generales, preferiblemente expresadas en unidades de medida. A continuación, se divide el total de estas mediciones entre el total de sectores que sean óptimos según el punto de vista del especialista según la dimensión de la obra. Es esencial asegurarse de que la sectorización contenga un

número parecido de elementos especiales que deben ser ejecutados en su interior, con el fin de evitar desequilibrios, lo que podría resultar en retrasos o adelantos. Además, se debe prestar especial atención a los criterios de calidad tanto en el procedimiento constructivo como en la estructura ya que estos podrían influir en el estándar general de la obra.

Después de definir las áreas de trabajo y las actividades correspondientes, es crucial transmitir esta información de forma clara y destacada a todos los trabajadores implicados en las actividades, idealmente mediante un mural. Esto ayuda a ofrecer directrices, implementar acciones y controlar la realización de las tareas de forma eficiente. (p. 36)

Figura 16.

Ejemplo de Sectorización – Proyecto ‘EL HARA’



Fuente: Elaboración Propia

2.1.10. Tren de actividades

De acuerdo con Castro y Pajares (2014) El tren de trabajos se utiliza en proyectos con baja variabilidad en sus dimensiones y donde las tareas pueden desglosarse en segmentos uniformes. Este enfoque es beneficioso para optimizar trabajos similares, como la construcción de edificios con pisos típicos, tendido de tuberías, montaje, etc.

Para implementar un tren de actividades, se deben cumplir ciertas características clave:

- Cada actividad se considera una estación de trabajo.
- El objetivo igualar la demanda con los recursos y viceversa en todas las estaciones.
- Todas las actividades son consideradas cuellos de botella.
- Cada cuadrilla produce la misma cantidad todos los días.
- Como resultado, el progreso diario es constante.
- Los recursos requeridos son constantes.
- La fuerza de trabajo realizada en los sectores es la misma.
- Cada sector contiene una cantidad de trabajo asignada.

Para implementar este tren de tareas, debemos seguir estos pasos:

- Se divide el espacio de trabajo en sectores.
- Se lista todas las actividades necesarias.
- Se secuencian las actividades y, si es necesario, se incluyen buffers para evitar problemas.
- Se determina la cantidad de recursos necesarios.

Implementar este sistema ofrece ventajas, como la pericia y un tiempo de adaptación más rápida, lo que facilita la gestión además de optimizar la productividad.

Sin embargo, el mayor inconveniente es que las tareas se consideran críticas, lo que significa que cualquier retraso en una de ellas afecta la productividad de todo el sistema. (pp.36-37)

2.1.11. Buffers

Por otro lado Guzmán (2014), indica que aunque la metodología Lean Construction, a través del sistema del último planificador, ha logrado reducir significativamente los impactos de la fluctuación en los proyectos, todavía persisten ciertos factores impredecibles que escapan a su control. Debido a este motivo se sugiere la adopción de “Buffers” como una táctica para

mitigar los efectos adversos de esta fluctuación incontrolable.

Un “Buffer” puede verse como una reserva o protección, utilizado como una estrategia adicional para minimizar los efectos perjudiciales de la incertidumbre en el sector construcción.

Hay tres tipos de “Buffers”:

- De Inventario: Se emplea para abordar la falta de fiabilidad de los proveedores de materiales y equipos en proyectos de construcción. Implica mantener un inventario adicional de recursos más allá de lo necesario, asegurando así que el trabajo continúe sin interrupciones, incluso si hay retrasos en la entrega de los suministros.
- De Tiempo: Consiste en incorporar un período adicional al cronograma del proyecto para manejar posibles problemas o imprevistos, asegurando no sobrepasar el plazo establecido. En proyectos donde las programaciones se limitan a cinco días laborables por semana, como es común en proyectos de construcción, es común emplear este tipo de Buffer. Por ejemplo, se reserva un día de trabajo adicional los sábados para realizar las tareas pendientes y aumentar el porcentaje del plan completado que se mide mediante el sistema del último planificador.
- De Capacidad: Se refieren a segmentos no esenciales del proyecto que se mantienen sin asignar ni ejecutar durante el progreso habitual del proyecto. Estas áreas se abordan cuando surge la necesidad de abrir un nuevo frente de trabajo debido a restricciones de espacio o para gestionar recursos sobrantes.

A pesar de su efectividad en la disminución de la fluctuación en la producción en obras, aún no se han desarrollado esquemas de análisis que permitan dimensionar Buffers de manera óptima ni mecanismos sólidos para gestionarlos adecuadamente. Establecer tamaños óptimos de Buffers facilitaría el desarrollo de estrategias más previsibles en la construcción y una gestión eficiente de estos Buffers mejoraría la cadena de productividad en el terreno. No

obstante, se requiere un esfuerzo sustancial para elaborar protocolos eficaces para dimensionar los “Buffers”. (pp. 29-30)

Figura 17.

Ejemplo de Buffer de Tiempo donde se reserva un día de trabajo adicional para realizar las tareas pendientes.

INFORMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	JULIO																																	
	SEMANA 27					SEMANA 28					SEMANA 29					SEMANA 30																		
	lu	sa	mi	ju	vi	lu	ma	mi	ju	vi	lu	ma	mi	ju	vi	lu	ma	mi																
ESTRUCTURA	266	267	268	269	270	273	274	275	276	277	280	281	282	283	284	287	288	289																
TORRE A1-A2																																		
PISOS 1 AL 20																																		
TRAZO Y REPLANTEO	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20						
ACERO VERTICALES	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20						
ENCOFRADO VERTICALES	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20				
CONCRETO VERTICALES	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20				
ENCOFRADO DE FONDO y 01 COSTADO VIGAS	S2	P16	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20		
ACERO DE VIGAS	S2	P16	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20		
ENCOFRADO DE LOSAS	S1	P16	S2	P16	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20
COLOCACIÓN DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS	S1	P16	S2	P16	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20
ACERO DE LOSAS	S1	P16	S2	P16	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20
INSTALACIONES ELECT. SANIT.	S1	P16	S2	P16	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20
CONCRETO - VIGAS Y LOSAS	S1	P16	S2	P16	S3	P16	S4	P16	S1	P17	S2	P17	S3	P17	S4	P17	S1	P18	S2	P18	S3	P18	S4	P18	S1	P19	S2	P19	S3	P19	S1	P20	S2	P20

2.1.12. Cartas de Balance

Fuente: Elaboración propia

Según Guzmán (2014), las cartas de balance son una herramienta clave en el ámbito del lean, debido a que forman parte esencial junto con el SUP. Estos elementos son fundamentales para una administración eficaz de los proyectos en el sector civil, con un enfoque particular en asegurar un trabajo continuo y mejorar la eficiencia de los procesos y secuencias.

Para mantener la continuidad del flujo en un proyecto, es crucial lidiar con la variabilidad, y se hace uso de los Buffers, como se integra en el sistema LP. Para asegurar un proceso eficaz, debe aplicarse conceptos de física de principios de la teoría de las restricciones enfocadas en la producción. En última instancia, para lograr las metas establecidas, es esencial que las fases constructivas sean eficaces, y es precisamente en este contexto donde las cartas de balance juegan un papel crucial.

Las Cartas de Balance se enfocan en analizar un proceso específico desde la perspectiva de la mano de obra con el objetivo de identificar el tiempo que el personal obrero invierte en cada tarea dentro de una partida. Se dividen las actividades en tres categorías: Productivas (TP),

Contributorias (TC) y No Contributorias (TNC). Sin embargo, para las Cartas de Balance, se elabora un desglose exhaustivo de todos los procesos que conforman la actividad en observación, y se elige la categoría a la cual debe pertenecer. El objetivo es obtener no solo el tiempo empleado en cada proceso diferente “TP, TC y TNC”, sino también el tiempo requerido para ejecutar cada actividad incluidas en estas categorías.

El procedimiento para realizar las Cartas de Balance sigue un enfoque comparable al utilizado para medir el nivel general de actividad, aunque con ciertas diferencias extras. Inicia con una evaluación detallada del proyecto para identificar los procesos que se va a examinar en cada actividad. Esta elección puede basarse en varios criterios, como la relevancia en el presupuesto o la situación en la que se encuentra esa actividad en base al costo que genera en la obra. Seleccionada ya la tarea, se elabora una evaluación para determinar los procesos principales que vienen a ser los contributorios y productivos asociados a la partida. Se recomienda que esta tarea la realice alguien con previo conocimiento en los procesos constructivos de una edificación.

Luego de este análisis, se continúa registrando las tareas en la carta de balance, asignando un número o símbolo a cada trabajador y a cada tarea. Antes de comenzar la toma de datos, es esencial tener la lista de los nombres del personal a examinar, ya que este formato implica tomas de datos personales, debido a esto la identificación de cada obrero es un proceso complejo, especialmente si la tarea a analizar implica un constante desplazamiento de los trabajadores de un lado a otro. Por lo tanto, es preferible que las tomas de información las realice un encargado de cuadrillas que conozca al personal de obra y pueda identificar a cada uno. (pp.77-78)

Figura 18.

Formato de “Cartas de Balance”

Partida			
Cargo	Nombre	Cargo	Nombre
Operario	Marcos Rivas	Ayudante	Jose Rodriguez
Ayudante	Ilan Carlos Guzman	Oficial	Julio Mina
Operario	Carlos Espinoza	Ayudante	Diego Adrianzen
Ayudante	Johan Aquino		
Operario	Evaristo Diaz		

Obra	Barranco 360°
Calle	San Martin
Actividad	Encofrado de Vigas
Descripción	Encofrado de Vigas Piso 2
Fecha	15/05/2012
Tiempo de Espera	

Trabajo Productivo	
1	Colocación de Encofrado
2	Nivelado
3	Aplomado
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Trabajo Contributivo	
11	Instrucciones / Lectura de planos
12	Preparación de materiales
13	Transporte
14	Colocación de vigas de soporte
15	Colocación de Puntales y Tripode
16	Amarrado
17	Casacofrado
18	Mediciones
19	Seguridad
20	Tacos

Trabajo No Contributivo	
21	Espersa
22	Descanso
23	Simulacion de Trabajo
24	Trabajo Rehecho
25	Viajes
26	Búsqueda de Material
27	
28	
29	
30	

EDIFICA
Barranco 360° - San Martín

Fuente: Guzmán (2014)

Una vez completado el proceso y con las plantillas de medición preparadas, se procede a llevar a cabo las mediciones en el campo siguiendo los siguientes lineamientos:

- Solo se puede evaluar a 10 trabajadores en total, ya que evaluar a más personas nos daría datos no tan detallados como se requiere en la carta.
- Se selecciona una ubicación desde donde se pueda observar a todo el grupo realizando la actividad.
- Se recogerán los datos de cada proceso en tiempos de 1 minuto a 2 minutos, ya que un mayor tiempo no brindaría una información a detalle como se espera.
- La toma de datos se realiza observando al obrero y determinando la actividad que está llevando a cabo. Se identifica el número asignado a esa y se asigna ese número al primer obrero, repitiendo el procedimiento con los demás trabajadores.
- Cada asignación de un número a cada miembro de la cuadrilla se considera una medición.

Figura 19.

Cartas Balance

	Operario	Agudante	Operario	Agudante	Operario	Agudante	Oficial	Agudante		Tiempo (min)
	Marcos Rivus	Jlita Carlos Guzman	Carlos Espinoza	Johas Aquino	Enrrieto Diaz	Jose Rodriguez	Julio Mina	Diego Adriaes		
1	1	2	15	13	1	12				2,23
2	2	2	15	25	13	12				2,23
3	2	15	22	22	12	25				2,23
4	1	5	25	25	21	25				2,23
5	1	5	15	15	13	13				2,23
6	12	5	15	15	1	12				2,23
7	11	11	15	15	1	25				2,23
8	14	11	-	-	2	25				2,23
9	22	25	-	-	11	13				1,07
10	13	13	-	-	11	13				1,07
11	5	5	-	-	13	16				1,07
12	11	11	13	13	1	16				1,07
13	11	22	13	13	1	12				1,07
14	13	13	13	13	11	12				1,07
15	4	4	13	13	11	12				1,07
16	13	21	13	13	13	13				1,07
17	5	5	13	21	13	13				1,07
18	4	22	13	21	16	13				1,07
19	4	5	13	13	13	13				1,07
20	4	5	13	13	25	21				1,07
21	5	5	21	11	13	13				1,07
22	4	4	11	13	13	13				1,07
23	4	13	25	13	21	13				1,25
24	22	22	25	21	21	13				1,25
25	22	4	13	24	25	5				1,25
26	4	12	13	24	11	11				1,25
27	4	12	13	25	13	13				1,25
28	15	13	22	22	1	13				1,25
29	14	14	13	13	1	12				1,25
30	14	14	13	13	1	21				1,30
31	14	14	21	25	1	12				1,30
32	14	14	11	21	4	12				1,30
33	14	14	21	21	4	12				1,30
34	14	14	13	13	4	21				1,30
35	14	14	13	13	11	15				1,30
36	25	14	15	21	1	12				1,30
37	11	14	15	13	1	12				1,30
38	11	13	15	13	1	21				1,30
39	11	12	15	26	11	26				1,30

Obrs	Barranco 360
Actividad	Encofrado de Vigas
Fecha	15/05/2012

Trabajo Productivo	
1	Coleccion de Encofrado
2	Nivelado
3	Aplomado
4	Coleccion de vigas de soporte
5	Coleccion de Puntales y Tripods
6	
7	
8	
9	
10	

Trabajo Contributivo	
11	Instrucciones / Lectura de planes
12	Preparacion de material
13	Transporte
14	
15	
16	Arrojado
17	Disencofrado
18	Mediciones
19	Seguridad
20	Tareas

Trabajo No Contributivo	
21	Empuje
22	Descenso
23	Simulacion de Trabajo
24	Trabajo Peleto
25	Vigas
26	Reserva de Material
27	
28	
29	
30	

Fuente: Guzmán (2014)

2.1.13. Productividad

Según Guzmán (2014) describe la productividad como "la eficiencia en la administración de recursos para completar un proyecto específico dentro de un tiempo determinado y con un nivel de calidad establecido". De igual manera se puede interpretar como la proporción entre la cantidad de producción generada por un sistema productivo y los recursos utilizados para alcanzarlos. A mayor productividad significa obtener más producción utilizando la misma cantidad de recursos.

De acuerdo con investigaciones sobre el uso del tiempo por parte de los trabajadores en el sector civil, se clasificaron tres actividades.

- Trabajo Productivo: Se refiere a las actividades que contribuyen directamente a la producción de una unidad de construcción, siendo estos los que originan los pagos correspondientes a cada actividad, como encofrar losa, colocar acero, etc.

- Trabajo Contributorio: Este tipo de labor se clasifica como trabajo de apoyo y se refiere a las actividades secundarias que son imprescindibles para realizar el trabajo productivo, pero estas no aportan valor directo a la unidad de construcción. Su reducción es fundamental para aumentar la productividad. Como ejemplo se puede considerar el transporte de materiales, dar indicaciones, habilitar acero y encofrados.
- Trabajo No Contributorio: Incluye todas las actividades que no encajan en ninguno de los trabajos mencionados anteriormente. Estas actividades suelen generar retrasos y pérdidas en el desarrollo de la actividad. Una vez identificado estos tiempos muertos se busca reducirlos para optimizar la eficiencia. Ejemplos de actividades no contributorias son las esperas, los descansos y el trabajo repetido.

Por otro lado, Botero y Álvarez, (2004) indica que el logro de la productividad implica la combinación de eficiencia y efectividad, ya que producir una cantidad de trabajo no tiene sentido si esta no cumple con los estándares de calidad esperados. El objetivo de todo proceso productivo es alcanzar una alta productividad, la cual se logra mediante la obtención de una eficiencia y efectividad óptimas. (pp. 51-52)

Figura 20.

Relación entre recursos y metas en base a la productividad

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS		
Pobre	Alta	
EFFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFFECTIVO Y EFICIENTE <u>ÁREA DE ALTA</u> <u>PRODUCTIVIDAD</u>	Alto
INEFECTIVO E INEFICIENTE	EFICIENTE PERO INEFECTIVO	Bajo
		OBTENCIÓN DE LAS METAS

Fuente: Botero y Álvarez (2004)

2.1.14. Variabilidad

Según Guzmán (2014) indica que la variabilidad puede definirse como la aparición de eventos que difieren de lo previsto debido a los imprevistos que suelen ocurrir en cualquier sistema. Esta tiende a intensificarse con envergadura, magnitud, dimensiones de los mismos proyectos. Estos eventos son impredecibles y eliminarlos por completo es una tarea imposible. Aunque se puede anticipar la ocurrencia de imprevistos, no se puede determinar su naturaleza ni cuándo ocurrirán. Sin embargo, siempre se debe de guardar lo aprendido luego de estas ocurrencias para poder prevenirlas en la continuación del proyecto.

En el contexto particular del sector civil, la variabilidad supone un reto demasiado considerable por la gran lista de actividades involucradas en todo el proceso. Aunque la confiabilidad de una actividad individual puede ser alta, por ejemplo, del 95%, cuando se trata de múltiples actividades predecesoras, este porcentaje disminuye drásticamente. Por ejemplo, para 50 actividades predecesoras, la confiabilidad puede caer hasta un 8%.

Tabla 1.

Porcentajes de actividades predecesoras

Actividades predecesoras	Confiabilidad del Proceso	Confiabilidad del último Proceso
1	95%	95%
2		90%
5		77%
10		60%
20		36%
30		21%
50		8%

Fuente: Capítulo peruano LCI 2012

2.1.15. Porcentaje de Plan Cumplido

De acuerdo con Koskela (1999) se describe como el porcentaje que resulta de dividir la cantidad de actividades planteadas que se han completado por el número total de actividades previstas. Este método contribuye a reducir la amenaza de que la variabilidad afecte los trenes, trabajos y actividades. (p. 251)

Según Ballard (2000), una vez que el plan de trabajo semanal ha sido elaborado en el SUP, se mide el cumplimiento de dicho plan a través del porcentaje de programa cumplido, Este “PPC” se calcula dividiendo la cantidad de tareas planificadas que se han completado por el total de tareas previstas, y luego expresándolo en forma de porcentaje (p. 30)

Se puede representar el “PPC” mediante la siguiente ecuación:

$$\text{PPC} = \frac{\text{Total de actividades planificadas completadas} \times 100}{\text{Total de actividades planificadas}}$$

Asimismo, Buleje (2012) menciona que actividades planificadas vienen a ser parte del look a head. El “PPC” es un indicador de fiabilidad diseñado para evaluar el rendimiento del esquema de planificación, más que el progreso real de las actividades.

El “PPC” se utiliza para evaluar la efectividad de la gestión de la programación y la eficiencia de la unidad de producción. Las empresas o grupos con experiencia en el SUP pueden o deben mantener un rendimiento no menos del 85% pero también se considera aceptable un rendimiento por encima del 80% mínimo. (Howell, 2002).

Tabla 2.*“PPC” semanales*

PPC ACUMULADO				
Semanas	Actividades Realizadas	Actividades No Cumplidas	PPC	PPC ACUM.
Semana 6	7	3	70%	70%
Semana 7	8	3	73%	71%
Semana 8	8	4	67%	70%
Semana 9	7	5	58%	67%
Semana 10	11	5	69%	67%
Semana 11	15	2	88%	72%
Semana 12	18	3	86%	75%
Semana 13	15	3	83%	76%
Semana 14	15	5	75%	76%
Semana 15	11	5	69%	75%
Semana 16	8	5	62%	74%
Semana 17	7	3	70%	74%
Semana 18	12	5	71%	74%
Semana 19	14	7	67%	73%
Semana 20	11	3	79%	73%
Semana 21	12	5	71%	73%
Semana 22	6	9	40%	71%
Semana 23	8	5	62%	71%
Semana 24	12	1	92%	72%
Semana 25	11	2	85%	72%
Semana 26	11	2	85%	73%
Semana 27	21	4	84%	74%
Semana 28	17	7	71%	73%
Semana 29	18	5	78%	74%
Semana 30	21	6	78%	74%
Semana 31	22	5	81%	74%
Semana 32	20	6	77%	75%
Semana 33	21	5	81%	75%

Fuente: Guzmán (2014)

2.1.16. Causas de No Cumplimiento (CNC)

Según Guzmán (2014) las causas de incumplimiento se enfocan en disminuir considerablemente los impactos de la variación en el plan, refiriéndose a cómo esta afecta nuestras programaciones o, en otras palabras, por qué una actividad no se completó con éxito según lo planeado. Identificar las razones del incumplimiento de las tareas permite hacer un formato que revela las causas que provocaron el fracaso de las actividades.

Después de reunir los datos estadísticos sobre las razones detrás de los incumplimientos, estos se emplean en el proceso de aprendizaje. Este método se enfoca en prevenir o solucionar los factores de incertidumbre que provocaron la falta en las tareas planeadas. Mayormente las causas suelen ser por ciertos factores recurrentes en las obras, por lo que se tratan de disminuir para optimizar el “PPC” a lo largo del proyecto.

Para realizar el “PPC” se comienza por establecer una lista de causas primordiales, agrupándolas según el área donde se originaron y, por lo tanto, el responsable de mitigarlas o

desaparecerlas.

Los grupos en los que se distribuyen las causas de incumplimiento son:

- “Programación” (PROG): falta de criterio para programar, errores, cambios en el plan.
- “Logística” (LOG): Insuficiencia de recursos, falta de materiales en el proyecto, falta de pagos de servicios.
- “Control de Calidad” (QA/QC): Errores a la hora de entregar los productos finales, cambios en las especificaciones técnica.
- “Cliente/Supervisión” (CLI): Compromisos no realizados, falta de detalles en la información (planos, especificaciones técnicas), errores de diseño.
- “Externo” (EXT): Factores climáticos, huelgas sindicales sin previo aviso, ocurrencias extraordinarias.
- “Subcontratos” (SC): Faltas del personal de la subcontrata, entrega del producto con una calidad pésima.
- “Mano de Obra” (MO): Inasistencias del personal, insuficientes trabajadores.
- “Errores de ejecución” (EJEC): Tareas mal ejecutadas, pésimo proceso constructivo.
- “Incumplimiento de Actividades Predecesoras” (IAP): Tareas previas incompletas.
- “Administrativos” (ADM): Falta de permisos y licencias, falta del personal especializado, problemas internos de la empresa. (p. 103)

III MÉTODO

3.1 Tipo de Investigación

La investigación es del tipo no experimental por las variables independientes que se presentan naturalmente. No se ejerce un control en estas variables ni se busca influir en su curso, solo se observan los sucesos en su naturalidad para su posterior análisis. Esto implica la aplicación de herramientas predefinidas para la evaluación de los procesos y los productos obtenidos.

Se clasifica como Investigación Aplicada, ya que su objetivo es encontrar métodos o enfoques para alcanzar un objetivo específico. Se dirige a un ámbito particular y delimitado, abordando un problema definido con el propósito de ofrecer soluciones prácticas y aplicables en la realidad.

El enfoque de esta investigación es de naturaleza Básica-Cualitativa. Su propósito es recopilar información para ampliar la base de conocimientos existente, sin la intención de contrastar una hipótesis específica.

Es de nivel explicativo, debido a que busca comprender y explicar el impacto de la implementación de las cartas de balance en la mejora de la producción de la mano de obra y fiabilidad de la programación.

Investigación longitudinal, ya que implica el seguimiento continuo de los procesos a lo largo de un periodo específico. Esto nos permitirá observar cómo evolucionan las características y variables estudiadas a lo largo del tiempo. Durante toda la fase de estudio, se realizará un seguimiento constante para captar todos los cambios y tendencias que se presenten.

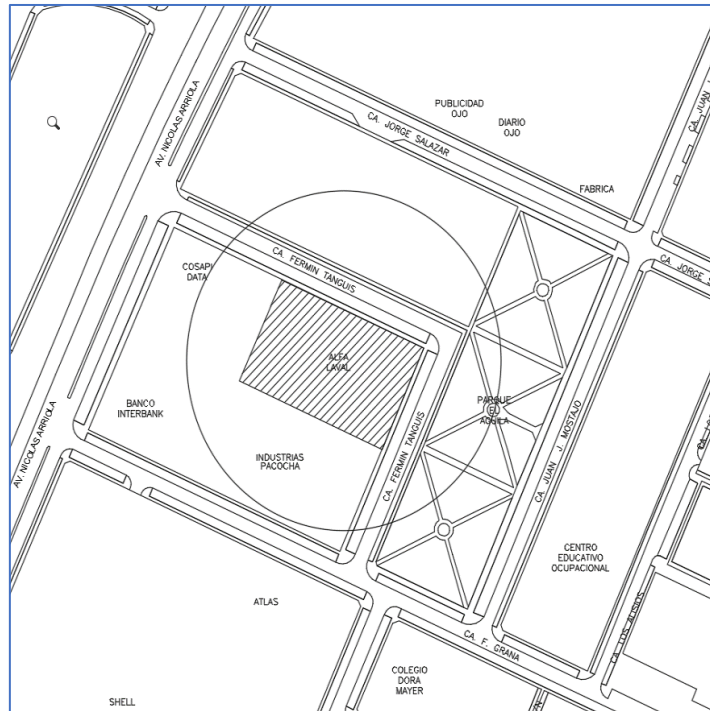
3.2 Ámbito temporal y espacial

El proyecto “El Hara” se ubica en la “Calle Fermin Tanguis Mz B-7 SubLote 5 del distrito de la Victoria – provincia de Lima, Perú.”

La ejecución de obra se inicia el 02 de abril del año 2018, teniendo como plazo de entrega 542 días calendarios.

Figura 21.

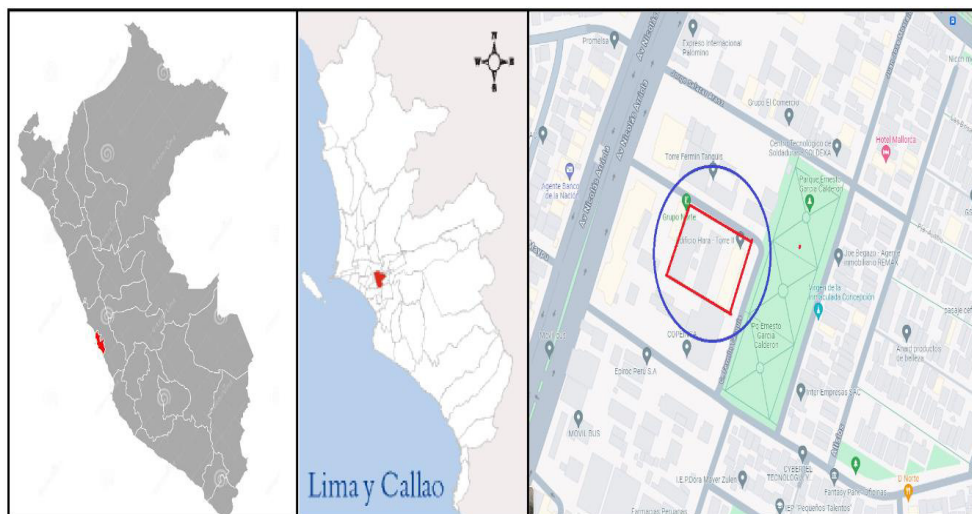
Localización de la obra 'Proyecto El Hara'



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22.

Ubicación del 'Proyecto El Hara'



Fuente: Elaboración propia

3.3 Variables

I: Sistema Last Planner y Cartas balance

D: Productividad

D: Confiabilidad

3.4 Población y muestra

3.4.1. Población

La población comprende todos los proyectos de construcción de conjuntos multifamiliares dentro de la provincia de Lima Metropolitana.

3.4.2. Muestra

Se selecciona como muestra la ejecución del Proyecto multifamiliar El Hara, donde se aplicará las Cartas de Balance durante un período de 16 semanas. Este periodo abarcará la ejecución de las partidas más incidentes en el casco estructural, tales como concreto, encofrado y acero.

3.5 Instrumentos

Para implementar adecuadamente la metodología Last Planner y Cartas balance, es fundamental comprender que se centra en métricas dirigidas a mejorar la productividad en obra. En este proyecto de investigación, se dispone de los instrumentos necesarios para recopilar la información requerida.

El mecanismo empleado en este estudio es la observación directa, la cual constituye el método primordial en recabar datos de la realidad. Esta técnica implica obtener información mediante una observación específica y deliberada, interpretando e ilustrando un fenómeno específico.

Se empleará hojas de recopilación de datos obtenidos por la observación constante en campo:

- Informe Semanal de Producción (ISP)

- Causas de incumplimiento
- Análisis de restricciones
- Porcentaje de Plan Cumplido.
- Inventario de actividades ejecutables (ITE)
- Programaciones Lookahead
- Sectorizaciones.
- Formatos de Cartas Balance.

3.6 Procedimientos

El propósito de este estudio es la implementación de las cartas de balance para mejorar la productividad en el proyecto. Para lograrlo, se seguirá un proceso detallado. El inicio del proceso implica la selección y definición de tareas que serán analizados para evaluar la productividad de la mano de obra. Se enfocará en las tareas más significativas y críticas, identificadas a partir de la programación de obra y su incidencia en la ruta crítica. Estas actividades se someterán a mediciones para comparar la productividad entre el método tradicional de trabajo y la implementación de nuevas estrategias.

El procedimiento se puede ordenar de la siguiente manera:

- Selección y determinación de las actividades a estudiar, enfocándose en las más críticas según el cronograma de obra.
- Elaboración de formatos para recopilar información en obra, identificando las características de las actividades.
- Realización de cartas balance para evaluar la producción de manera detallada en actividades seleccionadas.
- Análisis de los datos obtenidos con el fin de determinar la productividad del proyecto, identificando las actividades con mayores pérdidas.
- Capacitación del personal técnico y operativo en el uso de cartas de balance.

- Implementación del sistema Last Planner, estableciendo cronogramas de control y marcando hitos en la obra.
- Sectorización para optimizar el flujo de trabajo.
- Elaboración de cronogramas intermedios para definir los trenes de trabajo y analizar restricciones.
- Obtención del inventario de tareas ejecutables a partir del análisis de restricciones.
- Seguimiento y control de las programaciones semanales para medir el porcentaje de “PPC” y “CNC”.
- Medición de la productividad mediante el control de avances físicos y horas hombre/máquina.
- Elaboración de informes de productividad y eficiencia, comparando los resultados obtenidos con la implementación de las cartas de balance con los métodos tradicionales de planificación durante un período de 16 semanas.

3.7 Análisis de datos

La recolección de datos se llevará a cabo con el uso de Microsoft Excel, que servirá como herramienta principal ya que almacenará toda la información recolectada. Se utilizarán hojas de cálculo especialmente diseñadas para este propósito. Posteriormente, se realizará un análisis descriptivo utilizando tablas y gráficos de frecuencia para examinar la información recolectada. Luego, se procederá a elaborar curvas de productividad tanto a nivel semanal como acumulado, mostrándonos el proceso evolutivo del rendimiento a través del tiempo mientras se van implementando las nuevas herramientas junto con las cartas de balance de cuadrillas.

3.8 Consideraciones éticas

La presente investigación realizado en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto “El Hara – La Victoria” se ha llevado a cabo con integridad y respeto hacia el consentimiento informado, así como garantizando la autenticidad de la información,

la seguridad, protección y privacidad de la información recolectada.

La finalidad de este trabajo es contribuir a mejorar el control en la realización de conjuntos multifamiliares, con el objetivo de mejorar la productividad.

IV RESULTADOS

4.1 Descripción del proyecto en evaluación

4.1.1 Ubicación y Localización del proyecto

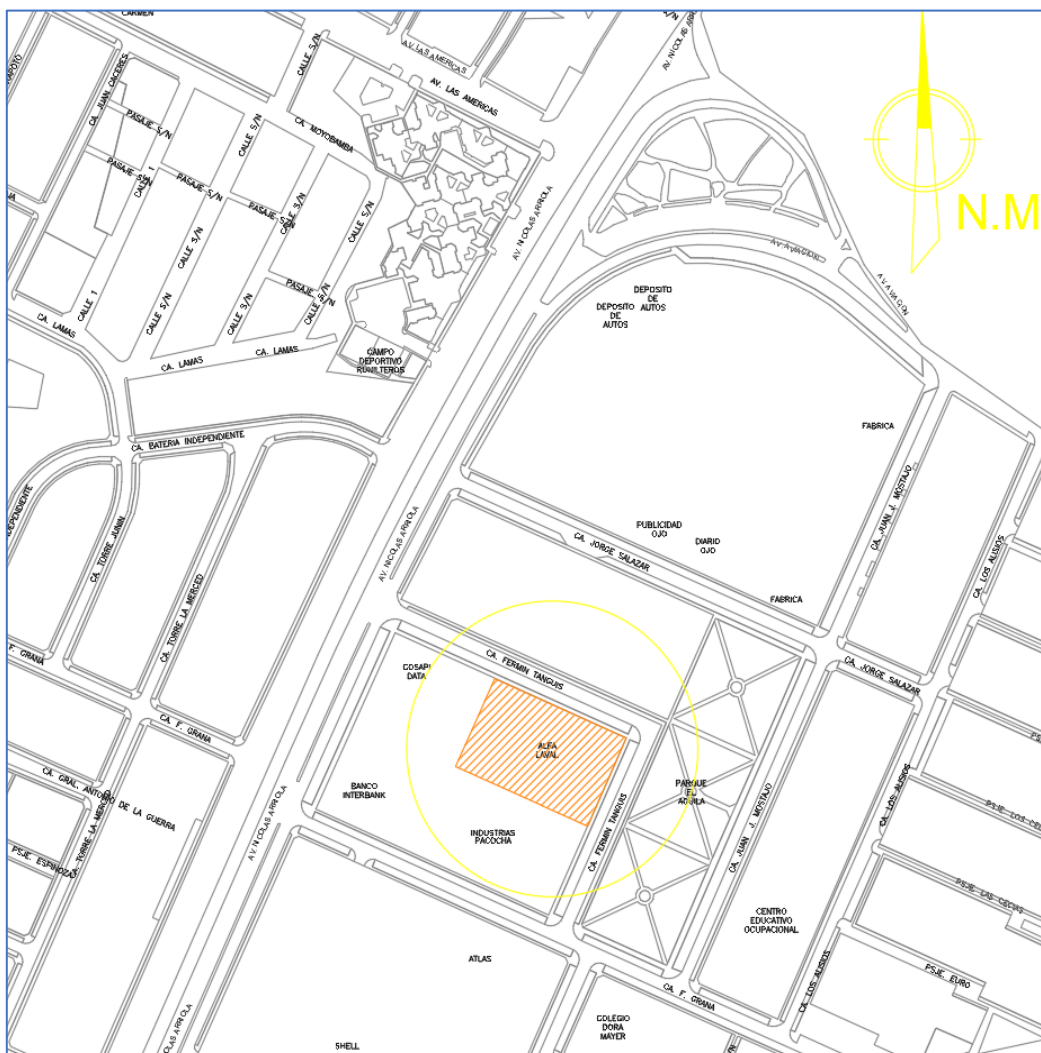
El proyecto consiste en la construcción de un edificio multifamiliar ubicado en la “calle Fermín Tangüis, La Victoria”. Abarca una extensión desde 4342.93 m², con un perímetro de 269.67ml. El predio es identificado como “Sub Lote 5 de la Manzana B-7 de la Urbanización Santa Catalina” y tiene una superficie de 4,349.65 m². Se proyecta una edificación multifamiliar destinada para vivienda social. La edificación se compone de 3 bloques siendo estos el A, B y C interconectados en los niveles inferiores y en el área de estacionamiento, teniendo diferentes alturas cada bloque, desde 17 pisos hasta 25 pisos, con la fachada principal orientada hacia el parque “García Calderón”. Dispone de un acceso peatonal principal desde el Parque y accesos secundarios tanto peatonales como vehiculares desde la calle “Fermín Tangüis”. Teniendo un total de 592 viviendas en la suma total de los bloques.

Figura 23.

Cuadro de zonificación del proyecto HARA

ZONIFICACIÓN:	CZ (Comercio Zonal)
ÁREA DE ESTRUCTURACIÓN URBANA:	II
DEPARTAMENTO:	LIMA
PROVINCIA:	LIMA
DISTRITO:	LA VICTORIA
URBANIZACIÓN:	SANTA CATALINA
NOMBRE DE LA VÍA:	Ca. Fermín Tangüis
NÚMERO DEL INMUEBLE:	Ca. Fermín Tangüis
MANZANA:	B-7
LOTE:	
SUBLOTE:	5

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24.*Esquema de localización*

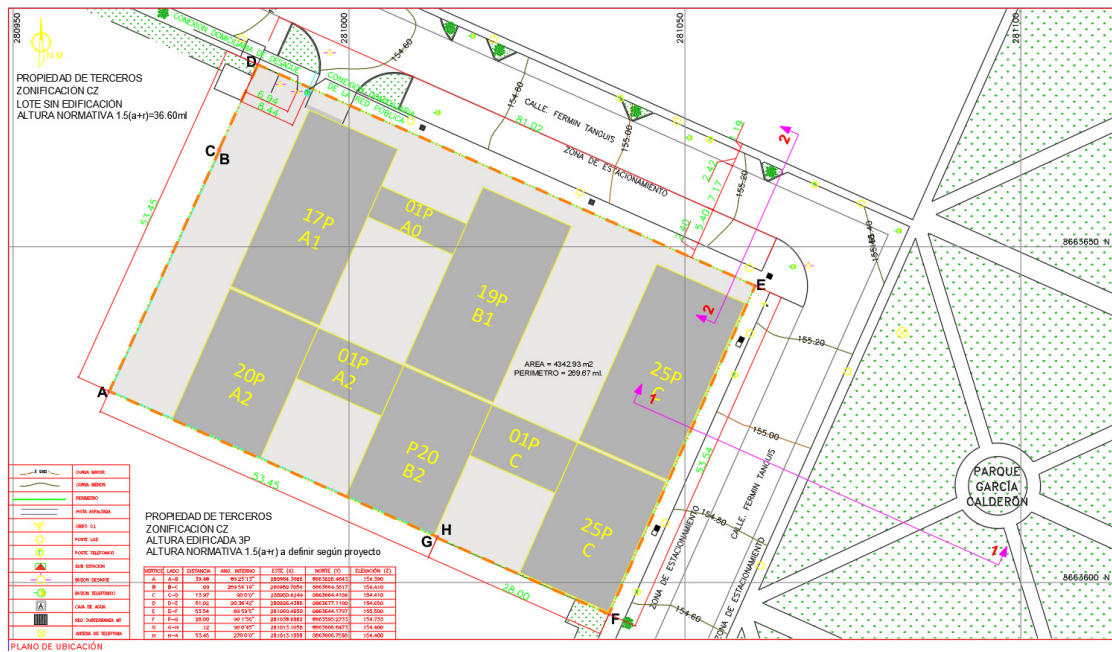
Fuente: elaboración propia

La propiedad ocupa una superficie de 4342.93 m².

Se detallan los linderos y perímetros, por el frente con la “calle Fermín Tangüis” con 81.02 ml, por el lado derecho con el “parque García Calderón” con 53.54ml (calle Fermín Tangüis), por el lado izquierdo colinda con 53.45 ml con propiedad privada y por el fondo con 81.45ml colindando con propiedad privada.

Figura 25.

Plano de ubicación

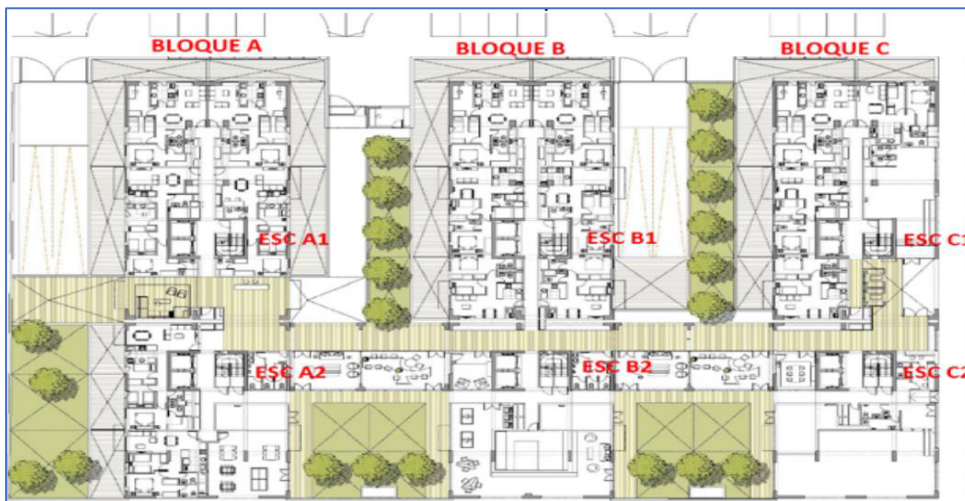


Fuente: Elaboración propia

Se muestra el esquema del proyecto:

Figura 26.

Bloques del proyecto HARA



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.

a

Viviendas por bloques del proyecto HARA

ETAPA	NIVEL	TOTAL VIV	1D A	2D B	3D C	3D+E D
A1						
	TOTAL A1	92	5	34	48	5
A2						
	TOTAL A2	78	4	31	39	4
B1						
	TOTAL B1	109	7	42	55	5
B2						
	TOTAL B2	76	5	28	38	5
C1						
	Subtotal C1	141	11	52	72	6
C2						
	Subtotal C2	96	6	36	48	6
	TOTAL C	237	17	88	120	12
		592	38	223	300	31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.

Cuadro de áreas del proyecto HARA

CUADRO DE ÁREAS (m ²)							
PISOS / ETAPAS	A0	A1	A2	B2	B1	C	SUB-TOTAL
Sótano -4		1,524.61		702.80		0.00	2,227.41
Sótano -3		1,880.18		705.00		1,402.80	3,987.98
Sótano -2		1,832.13		705.00		1,402.80	3,939.93
Sótano -1		1,736.07		702.39		1,325.08	3,763.54
Piso 1	58.86	396.07	401.88	290.15	395.77	799.59	2,342.32
Piso 2		394.85	288.81	288.29	394.85	643.64	2,010.44
Piso 3		408.37	299.21	298.69	407.82	697.94	2,112.03
Piso 4		411.47	299.21	298.69	410.92	701.05	2,121.34
Piso 5		407.76	299.21	298.69	407.82	701.05	2,114.53
Piso 6		407.76	299.21	298.69	408.36	701.05	2,115.07
Piso 7		403.57	293.91	294.74	404.44	701.05	2,097.71
Piso 8		407.71	299.21	298.73	406.92	695.28	2,107.85
Piso 9		407.71	299.21	298.73	406.92	694.61	2,107.18
Piso 10		407.71	299.21	298.73	403.27	694.61	2,103.53
Piso 11		407.71	299.21	298.73	403.27	694.61	2,103.53
Piso 12		399.10	296.61	298.73	403.82	695.71	2,093.97
Piso 13		409.56	299.23	298.73	406.92	698.88	2,113.32
Piso 14		409.56	299.23	293.13	398.62	698.88	2,099.42
Piso 15		409.56	299.23	299.02	409.75	698.88	2,116.44
Piso 16		403.98	290.43	299.02	409.75	698.88	2,102.06
Piso 17		401.40	299.54	299.02	409.75	698.88	2,108.59
Piso 18		130.36	297.50	299.02	403.98	698.88	1,829.74
Piso 19			305.98	295.79	401.46	691.16	1,694.39
Piso 20			288.29	288.29	130.36	694.77	1,401.71
Piso 21			13.41	13.41		694.77	721.59
Piso 22						696.54	696.54
Piso 23						698.89	698.89
Piso 24						698.89	698.89
Piso 25						687.19	687.19
Azotea						167.96	167.96
ÁREA PARCIAL	58.86	13,997.20	6,067.73	8,762.21	7,824.77	21,774.32	
ÁREA TECHADA TOTAL							58,485.09
ÁREA TERRENO							4,342.93
ÁREA LIBRE					46.1%		2,000.61

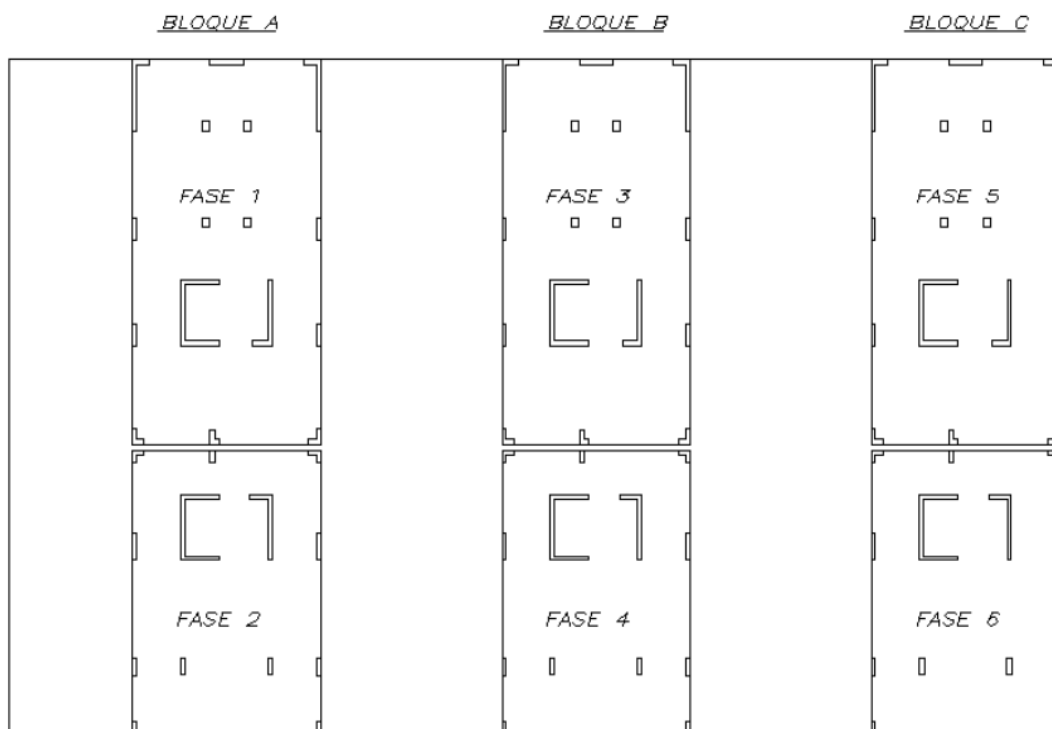
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Descripción de la obra

El proyecto consta de tres bloques (A, B y C). Los bloques incluyen dos edificios que comparten un sótano común. Los bloques están separados por una junta sísmica de 40 cm.

Figura 27.

Esquema de bloques y fases del proyecto HARA



Fuente: Elaboración propia

Los seis edificios del proyecto están clasificados en fases según el orden de su construcción. Todo el conjunto está planificado en realizarse con concreto armado y cuenta con cuatro niveles de sótanos. La fase 1 comprende 17 pisos más una azotea, mientras que la fase 2 tiene 20 pisos. La fase 3 incluye 19 pisos y una azotea, la fase 4 también tiene 20 pisos, la fase 5 cuenta con 25 pisos y una azotea, y la fase 6 se completa con 25 pisos.

Los sótanos de todos los edificios están destinados a estacionamiento, y los niveles superiores se utilizan para viviendas.

El sistema estructural de los seis edificios, incluyendo los sótanos, está constituido por muros y pórticos formados por vigas y columnas de concreto armado, distribuidos en ambas direcciones del edificio.

Los pórticos se componen de vigas y columnas dispuestas para cumplir con los requisitos estructurales requeridos. En las fases 5 y 6, que presentan mayor altura, se ha optó por un concreto de mayor resistencia a la fuerza de compresión. En los primeros seis pisos, se ha empleado concreto con una resistencia de f_c 350 kg/m² para placas, columnas y vigas, mientras que en los pisos del 7 al 14 se utilizó concreto con f_c 280 kg/m².

La estructura está diseñada para soportar tanto las cargas gravitacionales como las sísmicas. En términos generales, el sistema de pisos utiliza losas aligeradas en una o dos direcciones con espesores de 0.20 o 0.25 m, así como losas macizas de igual espesor.

Las vigas principales varían en ancho desde 0.30 m hasta 0.50 m, con un peralte de 0.55 m. Todas las vigas están apoyadas en columnas o placas de concreto armado. Las columnas se dimensionaron de acuerdo con los requisitos arquitectónicos y estructurales, considerando tanto las cargas gravitacionales como sísmicas.

Las placas, que proporcionan rigidez lateral, son los elementos sismo-resistentes predominantes en ambas direcciones, cumpliendo con las normas sismorresistentes vigentes en Perú. Las placas tienen espesores de 0.30, 0.35, 0.40 y 0.50 m. Se ha previsto una sobrecarga de 200 kg/m² en todos los techos, salvo en el último techo, que tiene una sobrecarga de 100 kg/m². En los estacionamientos, la sobrecarga es de 250 kg/m².

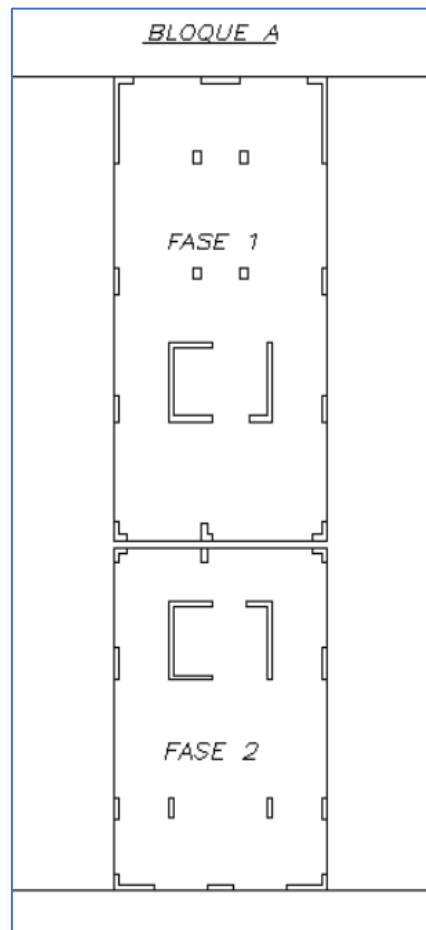
4.2 Desarrollo de la investigación

El presente estudio tiene como finalidad implementar las cartas de balance para mejorar la productividad en la mano de obra del bloque A del proyecto HARA, que abarca las fases 1

y 2 del mencionado proyecto.

Figura 28.

Edificación a analizar: Bloque A – Fase 1 y 2



Fuente: Elaboración propia

En el transcurso de las primeras cuatro semanas, se llevará a cabo un análisis de la producción sin la implementación del SUP, asimismo se aplicará las cartas balance para identificar la cantidad de trabajos de todos los tipos realizados en cada actividad y ver las deficiencias de las cuadrillas. Posteriormente, durante las siguientes doce semanas, se implementará el sistema del último planificador y se utilizarán nuevamente las cartas balance para ver las mejoras en los tiempos de los trabajos productivos con el fin de evaluar y optimizar la producción en el Bloque A del proyecto el HARA.

Figura 29.*Vista 3D del Bloque A – Fase 1 y 2*

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 Periodo a realizar la investigación**Tabla 5.***Periodo de investigación.*

	May-19				Jun-19				Jul-19				Ago-19			
	semana-1	semana-2	semana-3	semana-4	semana-5	semana-6	semana-7	semana-8	semana-9	semana-10	semana-11	semana-12	semana-13	semana-14	semana-15	semana-16
ACTIVIDADES A REALIZAR DURANTE EL PERIODO DE INVESTIGACIÓN	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD OBTENIDA POR METODOS CONVENCIONALES, REALIZACIÓN DE CAPACITACIONES EN EL SISTEMA DEL ULTIMO PLANIFICADOR EN EL AREA TÉCNICA				IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ULTIMO PLANIFICADOR Y CARTAS BALANCE, CONTROL DE PRODUCTIVIDAD, UTILIZACION DE INDICADORES PPC, CNC, ISP PARA EL CONTROL DE FIABILIDAD DE LA PROGRAMACIÓN.											

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Procedimientos a realizar en la investigación

- Para determinar la productividad en la obra se recopiló los datos requeridos mediante la observación en campo de la ejecución de las partidas más incidentes, siendo estos las partidas de acero, encofrado y concreto realizada a través de la planificación tradicional, identificando las causas que generan problemas en la productividad para progresivamente mitigarlos con la aplicación de las cartas de balance.
- Monitorización y seguimiento de las programaciones conforme al plan maestro, la programación intermedia (LookAhead) y las planificaciones semanales. Se busca evaluar los valores del PAC y CNC para determinar la fiabilidad de la programación implementada.
- Se realizó un análisis comparativo entre la productividad obtenida mediante el sistema tradicional (primeras 4 semanas) y el sistema del último planificador complementándose con las cartas balance (durante 12 semanas).
- Se realizó el seguimiento semanal de la productividad mediante la evaluación de los rendimientos efectivos de las tareas específica, junto con el coste real empleado en la mano de obra de estas.

4.2.3 Herramientas para la recolección de datos.

- Se utilizaron formatos de recolección tanto en el campo como en el área técnica para recopilar datos directamente de las partidas ejecutadas. Estos formatos permitieron registrar la información requerida para obtener datos de PAC, CNC, Cartas balance e informe semanal de producción (ISP).
- Se realizó el tareo de personal obrero que viene a ser la documentación y supervisión de las tareas y horas laborales del personal de construcción en el proyecto. Este se realizó iniciada la investigación siendo fundamental para la elaboración del informe semanal de producción y para gestionar eficazmente el tiempo, la productividad y el

seguimiento de la progresión de las tareas en el proyecto. Además, nos proporciona un medio para controlar la asistencia del personal.

- Se realizó el ISP, que es el informe donde se obtienen los datos de todos los trabajadores de cada cuadrilla, donde se detalla el trabajo en curso y el tiempo dedicado a cada tarea. Es crucial señalar que, para lograr un registro más preciso de las actividades, se prefiere proporcionar informes de avance diario o metrados junto con la tarea. Se usa para calcular las HH o HM usadas en realizar una partida en específico y de esa manera saber si se tiene un rendimiento positivo o negativo. No es tan exhaustivo como la carta balance.
- Cartas Balance, La implementación de cartas balance ha sido fundamental para realizar una evaluación detallada de las tareas realizadas, permitiendo una clasificación minuciosa entre los TP, TNC y TC en la mano de obra especializada en las partidas de estructuras. Este análisis exhaustivo nos brinda una visión clara de la distribución de esfuerzos y ha facilitado la identificación de áreas específicas que requieren atención para mejorar la eficiencia operativa.

4.3 Análisis de resultados

4.3.1. Análisis del sistema tradicional del proyecto

Se inicia con la observación del sistema tradicional empleado en el proyecto donde se pudo identificar que el área técnica carece de una metodología adecuada para gestionar los procesos constructivos y el uso de recursos. Además, se observó que gran parte del equipo técnico no está familiarizado con el sistema del último planificador. Se llevan a cabo algunas reuniones una vez a la semana en las que se abordan temas generales, pero frecuentemente se prolongan sin llegar a consensos importantes. Estas reuniones carecen de la participación de todos los involucrados (capataces, subcontratas) y no se documentan adecuadamente para establecer compromisos y responsabilidades.

Se observan deficiencias en el expediente técnico, especialmente en los análisis de precios unitarios, donde se registran rendimientos de partidas significativamente elevados en comparación con las referencias del país. Además, hay insumos utilizados en obra que no están contemplados en los análisis de precios unitarios.

Las programaciones de actividades se realizan sin considerar el análisis de restricciones, lo que significa que algunas actividades se planifican sin tener asegurados los recursos necesarios o las aprobaciones requeridas por el cliente, representado por la supervisión de obra.

No se implementa una sectorización de frentes de trabajo, lo que implica que las actividades se ejecutan de manera conjunta, lo que limita la eficiencia del flujo de trabajo y aumenta los tiempos muertos.

Este período de observación se llevó a cabo durante 4 semanas, desde la semana 14 a la 17 de iniciado ya el proyecto, coincidiendo con el inicio de actividades del casco estructural en pisos típicos del bloque A, caracterizado como un proceso de trabajo convencional.

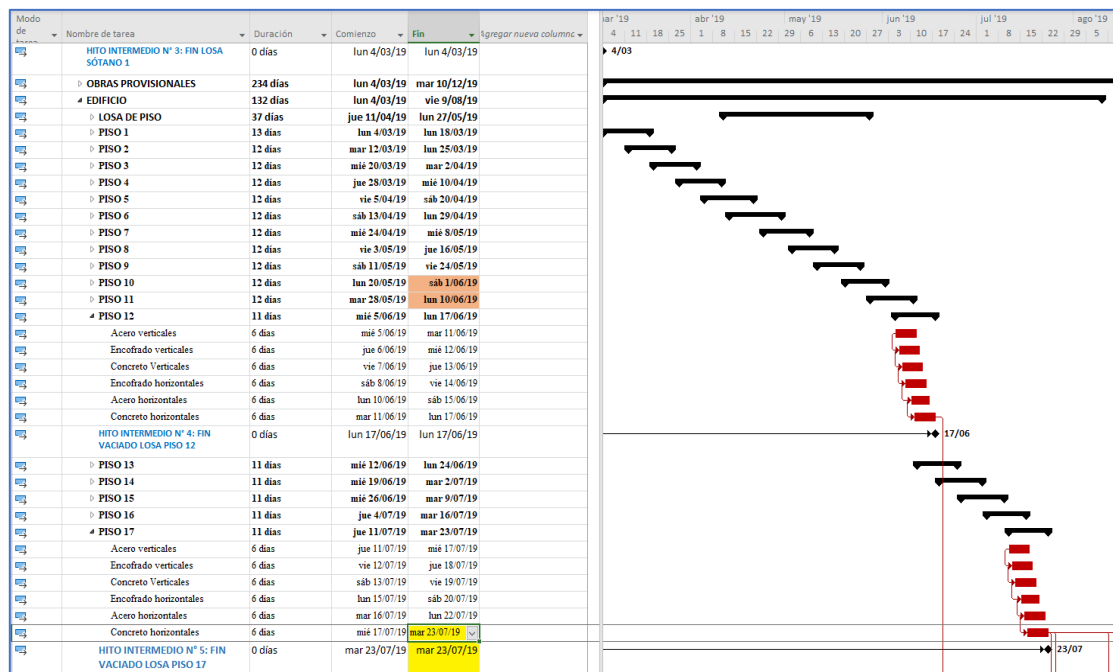
4.3.2. Evaluación de los hitos de control del proyecto

Los desafíos para un control eficiente en la ejecución del proyecto se derivan de deficiencias en el expediente técnico, que no ha sido evaluado y analizado adecuadamente en términos de planificación y estimación de costos. Esto resulta en un cálculo incorrecto de los rendimientos y recursos en los apus. Se examinan los hitos de control que ya están acordados con la supervisión y el cliente, que establecen las fechas límite para la finalización de los vaciados de losas de sótanos y pisos de las torres de las fases 1 y 2 del proyecto. El desarrollo de esta investigación inicia encontrándonos en el piso 3 de la fase 1 donde se identifica un retraso de 7 días debido a la ejecución deficiente de las partidas, la distribución incorrecta de las cuadrillas, una sectorización inadecuada y la falta de materiales, como consecuencia de no haber identificado las posibles causas de incumplimiento.

Además, los análisis de precios unitarios no reflejan los tiempos y cantidades reales de costos requeridos para la ejecución del proyecto. Por lo tanto, se realizará una comparación entre los apus del expediente técnico del “proyecto HARA” y los de revistas especializadas en nuestro país, centrándose en las partidas más críticas del proyecto.

Figura 30.

Cronograma de obra Bloque A del proyecto HARA



Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Evaluación del análisis de precios unitarios del expediente técnico y revistas especializadas

Durante este proceso de evaluación, se ha examinado detalladamente la distinción en los precios unitarios establecidos en el expediente del Proyecto HARA y aquellos reportados en publicaciones especializadas. Se ha dado especial atención al listado de tareas que impactan directamente en el proyecto, identificando posibles discrepancias o divergencias.

Tabla 6.*APUS - Expediente técnico del proyecto HARA*

DESCRIPCION	EXPEDIENTE TÉCNICO PROYECTO HARA			
	PRECIO UNITARIO	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO M.O (HH/UND)	PRODUCCIÓN POR DIA
COLUMNAS				
ACERO DE COLUMNAS (kg)	S/ 3.32	S/ 0.69	0.03	470kg/DIA
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS (m2)	S/ 38.37	S/ 19.39	1.00	20m2/DIA
CONCRETO PARA COLUMNAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 278.19	S/ 25.61	1.47	38m3/DIA
PLACAS				
ACERO DE PLACAS (kg)	S/ 3.32	S/ 0.69	0.03	470kg/DIA
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN PLACAS (m2)	S/ 27.99	S/ 14.01	0.73	22m2/DIA
CONCRETO PARA PLACAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 278.19	S/ 25.61	1.47	38m3/DIA
LOSAS ALIGERADAS				
ACERO DE LOSAS ALIGERADAS (kg)	S/ 3.32	S/ 0.69	0.03	470kg/DIA
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN LOSAS ALIGERADAS (m2)	S/ 13.95	S/ 6.85	0.36	45m2/DIA
CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 278.19	S/ 25.61	1.47	38m3/DIA
LOSAS MACIZAS				
ACERO DE LOSAS MACIZAS (kg)	S/ 3.32	S/ 0.69	0.03	470kg/DIA
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN LOSAS MACIZAS (m2)	S/ 31.48	S/ 19.39	1.00	20m2/DIA
CONCRETO PARA LOSAS MACIZAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 278.19	S/ 25.61	1.47	38m3/DIA
VIGAS				
ACERO DE VIGAS (kg)	S/ 3.32	S/ 0.69	0.03	470kg/DIA
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN VIGAS (m2)	S/ 40.81	S/ 22.64	1.20	20m2/DIA
CONCRETO PARA VIGAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 278.19	S/ 25.61	1.47	38m3/DIA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.

Análisis de los precios unitarios de revistas de costos del año

DESCRIPCION	REVISTA COSTOS, BOLETIN TÉCNICO DE LA CAMARA PERUANA DE LA CONSTRUCCIÓN (CAPECO), REVISTA CONSTRUCTIVO (2018-2019)			
	PRECIO UNITARIO	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO M.O (HH/UND)	PRODUCCIÓN POR DIA
PARTIDAS DEL CASCO ESTRUCTURAL (RUTA CRITICA)				
COLUMNAS				
ACERO DE COLUMNAS (kg)	S/ 4.30	S/ 0.96	0.05	350kg/DIA
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS (m2)	S/ 64.02	S/ 33.60	1.60	10m2/DIA
CONCRETO PARA COLUMNAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 315.89	S/ 39.89	1.08	60m3/DIA
PLACAS				
ACERO DE PLACAS (kg)	S/ 4.30	S/ 0.96	0.05	350kg/DIA
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN PLACAS (m2)	S/ 62.94	S/ 33.60	1.68	12m2/DIA
CONCRETO PARA PLACAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 324.43	S/ 47.87	1.08	60m3/DIA
LOSAS ALIGERADAS				
ACERO DE LOSAS ALIGERADAS (kg)	S/ 4.30	S/ 0.96	0.05	350kg/DIA
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS ALIGERADAS (m2)	S/ 46.22	S/ 22.40	1.12	15m2/DIA
CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 294.54	S/ 19.94	1.08	60m3/DIA
LOSAS MACIZAS				
ACERO DE LOSAS MACIZAS (kg)	S/ 4.30	S/ 0.96	0.05	350kg/DIA
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS MACIZAS (m2)	S/ 55.72	S/ 27.99	1.33	18m2/DIA
CONCRETO PARA LOSAS MACIZAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 294.54	S/ 19.94	1.08	60m3/DIA
VIGAS				
ACERO DE VIGAS (kg)	S/ 4.30	S/ 0.96	0.05	350kg/DIA
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS (m2)	S/ 72.51	S/ 35.79	1.78	9m2/DIA
CONCRETO PARA VIGAS f'c=210 kg/cm2 (m3)	S/ 294.54	S/ 19.94	1.08	60m3/DIA

Fuente: Elaboración propia

De los cuadros donde se realiza la comparación de los apus del expediente técnico del proyecto HARA se observa los siguientes hallazgos:

-El expediente técnico del proyecto HARA requiere un rendimiento para las partidas de “ACERO $f_y=4200$ kg/cm² GRADO 60” de 0.03HH. Sin embargo, conforme a las referencias recopiladas de revistas y boletines técnicos especializados, se sugiere un rendimiento de 0.05HH, evidenciándose así una discrepancia del 67%.

-El expediente técnico del proyecto HARA requiere un rendimiento para las partidas de “ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS” de 1.00HH. Sin embargo, conforme a las referencias recopiladas de revistas y boletines técnicos especializados, se sugiere un rendimiento de 0.05HH, evidenciándose así una discrepancia del 60%.

-El expediente técnico del proyecto HARA requiere un rendimiento para las partidas de “ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS ALIGERADAS” de 0.36HH. Sin embargo, conforme a las referencias recopiladas de revistas y boletines técnicos especializados, se sugiere un rendimiento de 1.12HH, evidenciándose así una discrepancia del 211%.

-El expediente técnico del proyecto HARA requiere un rendimiento para las partidas de “ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS MACIZAS” de 1.00HH. Sin embargo, conforme a las referencias recopiladas de revistas y boletines técnicos especializados, se sugiere un rendimiento de 1.33HH, evidenciándose así una discrepancia del 33%.

-El expediente técnico del proyecto HARA requiere un rendimiento para las partidas de “ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS” de 1.20HH. Sin embargo, conforme a las referencias recopiladas de revistas y boletines técnicos especializados, se sugiere un rendimiento de 1.78HH, evidenciándose así una discrepancia del 48%.

-El expediente técnico del proyecto HARA requiere un mismo rendimiento para las partidas de concreto para todos los elementos estructurales usando “CONCRETO PREMEZCLADO 210 kg/cm² CON CEMENTO T-I S 4”-6”” de 1.47HH. Sin embargo, conforme a las referencias recopiladas de revistas y boletines técnicos especializados, se sugiere un rendimiento de 1.08HH, evidenciándose así una discrepancia a favor del proyecto del 27%.

De los análisis de precios unitarios observados se revelan discrepancias sustanciales, destacando únicamente un rendimiento favorable en las partidas correspondientes a las partidas de concreto dentro del expediente. No obstante, en las restantes partidas de acero y encofrado, se constatan considerables diferencias en comparación con los estándares mencionados en las revistas especializadas. Esta disparidad tiene un impacto directo en los plazos establecidos y ocasiona pérdidas significativas en la productividad del proyecto.

4.3.4. Introducción al Sistema del Último Planificador

La realización de un cambio en todo un equipo de profesionales y en el área técnica acostumbrada a un método convencional ciertamente presenta desafíos significativos. Sin embargo, debido a las deficiencias identificadas en los análisis de precios unitarios y las pérdidas evidentes derivadas de la baja productividad, se realizaron cambios en el staff de ingenieros y oficina técnica. A razón de este cambio, los nuevos miembros del staff, con experiencia previa en el sistema del último planificador, fue crucial para impulsar la transición hacia este enfoque más eficiente en el proyecto HARA. La incorporación de profesionales con conocimiento especializado en el sistema del último planificador ha proporcionado la base necesaria para implementar con éxito este nuevo método.

Con esta nueva metodología del último planificador a implementar, mi rol como asistente de producción consistió en identificar y recopilar todos los datos relevantes mediante el análisis del informe semanal de producción y los tareas diarios. A través de la revisión y el seguimiento detallado de estos informes, se contribuyó activamente en la recopilación de información crítica para evaluar el progreso del proyecto.

Figura 31.

Informe semanal de producción

INFORME SEMANAL DE PRODUCCIÓN													
ACTIVIDAD	PRESUPUESTO RATIO	HORAS							SEMANAL		BALANCE HH		
		8-Abr	9-Abr	10-Abr	11-Abr	12-Abr	13-Abr	14-Abr	HORAS	METRADO RATIO			
CONCRETO													
CONCRETO DE LOSA	1.4736 hh/m3	-	1.50	44.50	38.00	55.00	10.00	-	149.0	123.5	1.2065 hh/m3	32.99 hh	
CONCRETO DE COLUMNA	1.4736 hh/m3	3.00	4.00	-	5.50	-	-	-	12.5	10.3	1.2136 hh/m3	2.68 hh	
VACIADO DE COLUMNA		3.00	4.00	-	5.50	-	-	-	12.5				
CONCRETO DE PLACA	1.4736 hh/m3	6.00	5.00	-	-	9.00	-	-	20.0	26.7	0.7491 hh/m3	19.35 hh	
OTRAS ACTIVIDADES NO CONSIDERADAS EN LOS APU		15.00	12.50	14.50	14.50	17.00	5.50	-	79.0			-79.00 hh	
VIGUETAS Y BOVEDILLAS													
BOVEDILLAS Y VIGUETAS	0.333 hh/m2	14.00	32.00	8.00	-	7.00	13.50	-	74.5	190.7	0.391 hh/m2	-11.09 hh	
ENCOFRADO													
ALTURA NORMAL													
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGA	1.200 hh/m2	68.00	96.00	116.00	80.50	112.50	65.50	-	538.5	340.3	1.582 hh/m2	-130.14 hh	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	1.000 hh/m2	26.10	20.00	4.00	34.00	12.00	15.80	-	111.9	100.8	1.110 hh/m2	-11.10 hh	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLACAS	0.727 hh/m2	43.90	51.00	8.00	-	39.00	26.20	-	168.1	206.4	0.814 hh/m2	-18.01 hh	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	0.3556 hh/m2	20.00	11.00	8.80	31.10	3.60	-	-	74.5	190.8	0.391 hh/m2	-6.67 hh	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	1.000 hh/m2	41.00	-	80.20	49.90	46.90	4.00	-	271.5	400.9	0.677 hh/m2	129.44 hh	
OTRAS ACTIVIDADES NO CONSIDERADAS EN LOS APU		35.50	16.00	26.50	25.00	41.00	23.50	-	167.5			-167.50 hh	
ACERO													
ACERO DE VIGA	0.034 hh/kg	58.50	70.50	35.50	50.00	43.00	12.50	-	270.0	8776.6	0.0308 hh/kg	28.40 hh	
ACERO DE COLUMNA	0.034 hh/kg	26.50	-	15.50	14.00	-	12.00	-	68.0	2637.2	0.0258 hh/kg	21.67 hh	
ACERO DE PLACA	0.034 hh/kg	12.00	26.00	11.00	-	17.00	3.00	-	69.0	3227.4	0.0214 hh/kg	40.73 hh	
ACERO DE LOSA ALIGERADA	0.034 hh/kg	-	-	21.00	3.00	-	15.00	-	39.0	659.1	0.0592 hh/kg	-16.59 hh	
ACERO DE LOSA MACIZA	0.034 hh/kg	-	16.50	34.00	35.00	36.00	23.50	-	145.0	6256.0	0.0232 hh/kg	67.70 hh	

Fuente: Elaboración propia

Durante las primeras cuatro semanas, se inició la impartición de capacitaciones específicas sobre el sistema del último planificador, abarcando a todo el personal del área técnica, incluyendo ingenieros, capataces y proveedores. El objetivo de estas sesiones formativas fue lograr una implementación efectiva a partir de la quinta semana. Para garantizar una adecuada implementación, fue crucial obtener datos detallados de la situación actual de la obra, los métodos de control de actividades y la programación de obra utilizada. El propósito final fue asegurar el compromiso de los profesionales participantes en la realización del proyecto para trabajar bajo este sistema.

Durante esta fase de implementación del last planner, además de recopilar información sobre los trabajos mediante una gestión convencional, se llevaron a cabo sesiones de capacitación dirigidas a todo el personal a cargo de los diferentes frentes de trabajo. Estas

capacitaciones se centraron en proporcionar las habilidades necesarias para realizar planificaciones de la obra, gestión y planificación de tareas a corto y medio plazo. Se establecieron metas e hitos, determinando los trabajos con criterios técnicos y racionales, justificado en la eliminación de restricciones del look a head.

Se proporcionó una explicación detallada de la nueva modalidad de trabajo apoyando en el lookahead, enfocándose en la selección de actividades según su importancia y secuencia de realización, analizando las restricciones. Del mismo modo se brindó charlas y entrenamiento a los encargados para utilizar el nuevo sistema de gestión que se empleará para evaluar los resultados de la gestión de planificaciones en cuanto a productividad, utilizando indicadores como PAC y CNC.

Al concluir la semana 4, todo el equipo, incluidos ingenieros, maestros de obra, capataces y subcontratistas, había adquirido un entendimiento completo de los conceptos del last planner. Esto incluía la comprensión del lookahead semanal y a 4 semanas, junto con sus posibles restricciones.

En consecuencia, se inició la implementación total del last planner a partir de la semana 5 en adelante, lo que resultó en una notable mejora de la productividad.

4.3.5. Implementación de las Cartas Balance

Adicionalmente, durante las primeras cuatro semanas, se implementó el uso de las cartas de balance buscando el objetivo de realizar una identificación detallada de la productividad de cada cuadrilla, centrándose específicamente en las partidas correspondientes al casco estructural, que comprenden la colocación de acero, encofrados y concreto.

Esta herramienta permitió evaluar minuciosamente la eficiencia de cada cuadrilla en las mencionadas partidas, desglosando los porcentajes de trabajo productivo, trabajo no contributivo y trabajo no contributivo en todas las tareas relacionadas con el casco estructural.

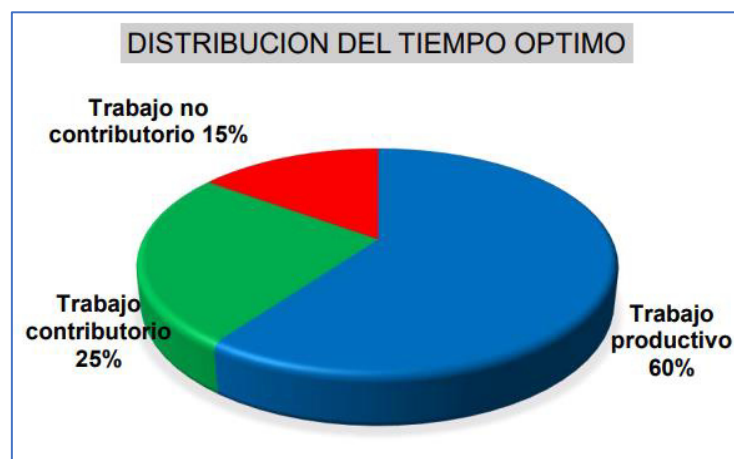
La carta balance proporcionó una visión clara y detallada de la contribución de cada cuadrilla a la productividad general, permitiendo identificar áreas de mejora y optimización.

Este enfoque en la evaluación mediante las cartas de balance durante las primeras semanas del proyecto facilitó la toma de decisiones informadas, permitiendo ajustes o correcciones necesarias para garantizar un rendimiento eficiente en las tareas críticas asociadas a la colocación de acero, encofrados y concreto.

Se consideró como guía los porcentajes del tiempo óptimo que debería tener toda actividad productiva.

Figura 32.

Porcentaje de tiempo con productividad optimizada



Fuente: Ghio, (2001)

4.3.5.1 Análisis de resultados de las cartas balance en el sistema convencional.

Para realizar el análisis se identificó todos los procesos constructivos empleados en cada partida, la duración de los mismos, para conocer el aporte de cada trabajador en cada proceso constructivo y verificar si las cuadrillas están correctamente distribuidas. Ello fue posible mediante las cartas balance y hojas de tareo diario.

Se agruparon las actividades en “subprocesos” con la finalidad de detallar cada proceso y secuencia que se requieran en la ejecución de las partidas analizadas, e identificar aquellos que implican mayor inversión de tiempo.

Se clasificaron los sub procesos en TP, TC y TNC. Con ello se obtuvo el nivel general de tareas. Se realiza cada medición con un intervalo de 1 a 2 minutos, según la duración de la partida.

Partidas analizadas:

Figura 33.

Acero de verticales (proyecto HARA)




Fuente: Elaboración propia

Periodo de mediciones: La actividad empieza un día después del vaciado de losas donde ya se tiene los aceros longitudinales sobresaliendo y se empieza a empalmar los aceros verticales. La actividad termina cuando se ha colocado la totalidad de los aceros longitudinales y estribos según lo indicado en el plano estructural. En esta actividad la producción de los obreros es medido en un periodo de 2 horas, en donde se realiza la colocación de acero en la columna del sector 2 con 188kg de acero.

Tabla 8.

Carta de Balance de acero en verticales

 CARTA BALANCE										
Obra: HARA				Hora de inicio: 13:00						
Fecha: 16/04/2019				Hora de termino: 15:00						
Activid ACERO DE VERTICALES										
Medicio	A	B	C	D	E	F	G	H	obs.	
1	C	C	C	C						
2	C	C	C	C						
3	C	C	C	C						
4	AM	CA	AM	CA						
5	AM	CA	AM	CA						
6	AM	CA	AM	CA						
7	AM	CA	AM	CA						
8	AM	E	AM	E						
9	AM	E	AM	E						
10	AM	E	AM	E						
11	AV	AV	AM	AM						
12	AV	AV	AV	AV						
13	MM	AA	AM	AM						
14	AV	AV	OA	OA						
15	AV	AH	AV	AH						
16	AV	AA	O	OA						
17	AV	AA	OA	OA						
18	AH	AH	OA	AH						
19	V	AV	AV	AV						
20	V	AV	AV	AV						
21	V	AA	AM	E						
22	AA	AA	AM	E						
23	MM	MM	AH	AH						
24	AH	E	OA	OA						
25	AH	E	OA	OA						
26	AH	E	AH	AH						
27	AH	AH	AA	AA						
28	AA	AA	AA	AA						
29	AA	AA	AA	AA						
30	AV	AV	AH	AH						
31	AV	E	AV	AV						
32	AV	E	AV	AV						
33	CA	CA	CA	CA						
34	CA	CA	CA	CA						
35	O	O	O	O						
36	O	O	O	O						
37	AH	AH	V	AM						
38	AH	AH	AH	AM						
39	AH	AH	AH	AH						
40	AA	AA	AA	AA						
41	AA	AA	R	R						
42	MM	MM	OA	OA						
43	MM	MM	OA	OA						
44	AV	AV	OA	OA						
45	AH	AH	AH	NB						
46	AH	AH	AH	NB						
47	E	AA	AA	NB						
48	E	AA	AA	NB						
49	E	AA	AA	NB						
50	AH	AH	AH	AH						
51	AH	AH	AH	AH						
52	AH	AH	AH	AH						
53	AH	AH	OA	OA						
54	AA	V	OA	OA						
55	AA	V	AA	AA						
56	AA	AH	AH	AH						
57	AA	AH	AH	AH						
58	O	AA	AA	AA						
59	AA	AA	O	AA						
60	AA	AA	O	AA						

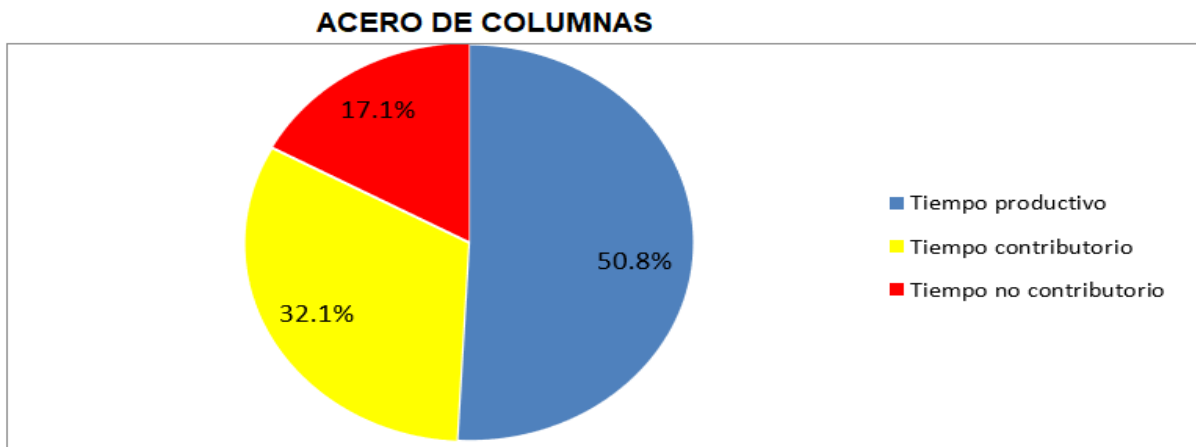
Trabajadores involucrados:		Categoría
A:	BACALLA AGUIRRE, NEIBER	Operario
B:	ESTELA MEGO, JOSE EBERT	Operario
C:	LEVANO GUTIERREZ LUIS ALFREDO	Peon
D:	RIMACHI HUASCO, LUIS FERNANDO	Peon
E:		
F:		
G:		
H:		

Cod	Trabajo Productivo	
1	AH colocacion de acero horizontal	51
2	AV colocacion de acero vertical	28
3	AA amarre de acero	43
4		0
5		0
6		0
Total		122

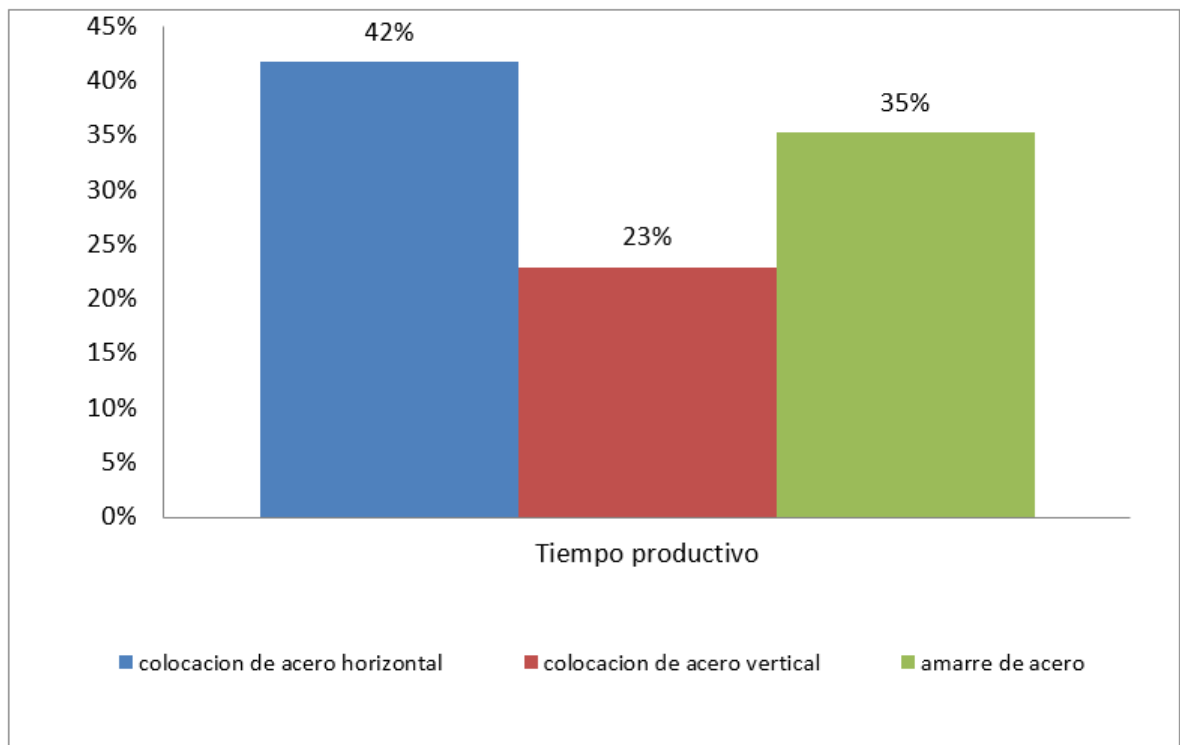
Cod	Trabajo Contributorio	
7	C coordinar actividades	12
8	AM acarreo de materiales	22
9	MM mediciones y marcas con tiza	7
10	OA ordenar acero según distribución	20
11	CA colocación de andamio	16
12		0
Total		77

Cod	Trabajo No Contributorio	
13	R retrabajo	2
14	E esperas	16
15	O ocio	12
16	NB necesidades biologicas	5
17	V Viajes innecesarios	6
Total		41

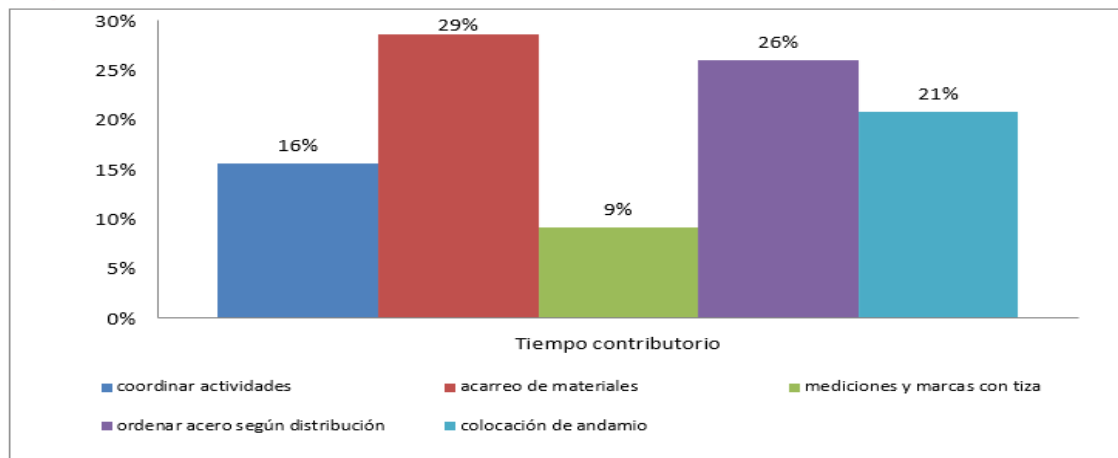
Fuente: Propia

Figura 34.*Carta de Balance de acero de columnas*

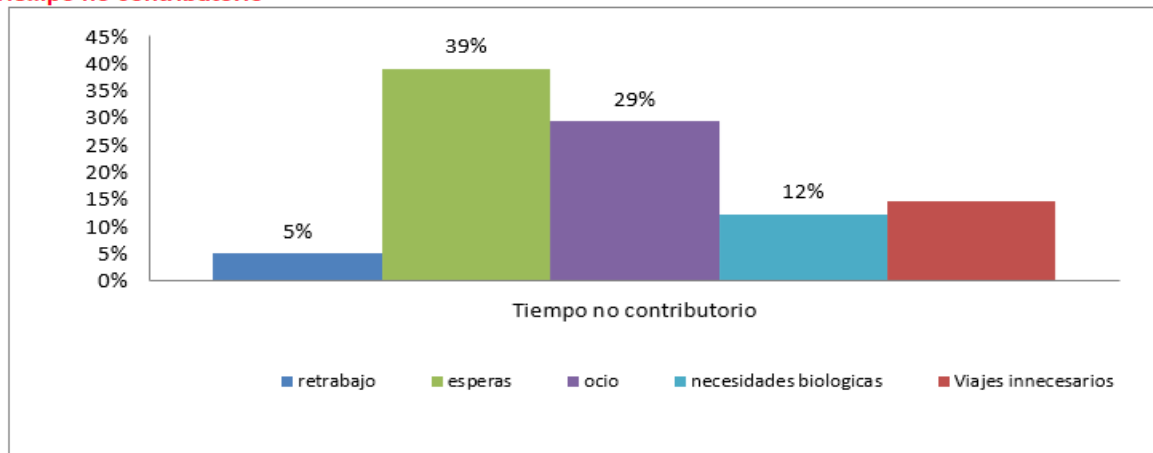
Fuente: Propia

Figura 35.*Tiempo productivo de acero de columnas***Tiempo productivo**

Fuente: Propia

Figura 37.*Tiempo contributivo de acero de columnas***Tiempo contributivo**

Fuente: Propia

Figura 36.*Tiempo no contributivo de acero de columnas***Tiempo no contributivo**

Fuente: Propia

Tabla 9.*“TP”, “TC” y “TNC” de cuadrilla*

Trabajadores involucrados:		Categoría	TP	TC	TNC
A:	BACALLA AGUIRRE, NEIBER	op	58%	27%	15%
B:	ESTELA MEGO, JOSE EBERT	op	60%	20%	20%
C:	LEVANO GUTIERREZ LUIS ALFREDO	ay	45%	43%	12%
D:	RIMACHI HUASCO, LUIS FERNANDO	ay	40%	38%	22%

Fuente: Propia

Interpretación:

- En las actividades del TNC, se observa que las “ESPERAS” son los TNC de mayor incidencia, esto se debe a que los ayudantes son los que están acarreado mayormente el acero a colocar y los operarios están a la espera de estos materiales.
- Se observa que el TC es mayor en los ayudantes que en los operarios, esto se debe a que los ayudantes son los que realizan el acarreo de acero mientras los operarios están realizando las mediciones para la distribución del acero.
- Para disminuir las esperas de los operarios deben realizar la actividad de acarreo de acero entre todos los obreros de la cuadrilla con el objetivo que se tenga una mayor cantidad de acero para facilitar el flujo de trabajo, así tanto operarios como ayudantes pueden realizar trabajos productivos.
- Se observa que los operarios mantienen tiempos productivos considerables y similares. Los ayudantes, aunque también muestran tiempos productivos, tienen un mayor tiempo contributorio, lo cual indica que están desempeñando correctamente su labor de apoyo.
- Se puede mejorar el tiempo productivo de la cuadrilla en general repartiendo la actividad de acarreo de acero entre todos los miembros de la cuadrilla.

Figura 38.

Acero de vigas (proyecto HARA)



Fuente: “Proyecto HARA”

Periodo de mediciones: La actividad se inicia después de completar el vaciado de los elementos verticales (columnas o placas) y el encofrado del fondo y/o los laterales de las vigas. Se emplea acero dimensionado, comenzando con el empalme de las varillas horizontales, de 5/8 de pulgada para el acero longitudinal y 3/8 de pulgada para los estribos. Primero se empalman las varillas maestras, luego se colocan los estribos, marcando con tiza el desarrollo del acero transversal. Se consideran los empalmes y traslapes en el análisis.

En esta actividad la producción de los obreros es medido en un periodo de 1 hora con 30 minutos, en donde se realiza la colocación de la viga ubicada en el sector 3 con 176.4kg de acero.

Tabla 10.

Carta de balance de acero de vigas

IJE											CARTA BALANCE	
Obra: HARA					Hora de inicio: 08:00							
Fecha: 24/04/2019					Hora de termino: 09:30							
Activid: ACERO DE VIGAS												
Medicid	A	B	C	D	E	F	G	H	obs.			
1	C	C	C	C								
2	C	C	C	C								
3	AM	AM	AM	AM								
4	AM	AM	AM	AM								
5	AM	AM	AM	AM								
6	E	E	E	E								
7	E	E	E	E								
8	E	E	E	E								
9	E	E	E	E								
10	AM	AM	AM	AM								
11	AM	AM	AM	AM								
12	AM	AM	AM	AM								
13	AM	AM	AM	AM								
14	AL	AL	AL	AL								
15	AL	AL	AL	AL								
16	AL	AL	AL	AL								
17	AL	AL	AL	AL								
18	OA	OA	AL	AL								
19	OA	OA	E	E								
20	E	OA	OA	OA								
21	E	E	AL	OA								
22	MM	MM	E	E								
23	MM	MM	OA	OA								
24	AL	AL	AL	AL								
25	AL	AL	AL	AL								
26	AL	AL	AL	AL								
27	ES	ES	ES	ES								
28	ES	ES	E	E								
29	AA	AA	E	E								
30	MM	MM	OA	OA								
31	ES	ES	AM	AM								
32	ES	ES	OA	OA								
33	OA	OA	OA	OA								
34	AA	AA	AA	AA								
35	AA	AA	AA	AA								
36	NB	AA	OA	OA								
37	NB	AA	OA	OA								
38	NB	AA	OA	OA								
39	NB	AA	AM	AM								
40	NB	AA	AM	ES								
41	AL	AL	AL	ES								
42	AL	AL	AM	AM								
43	ES	ES	ES	AM								
44	AA	AA	ES	V								
45	AA	AA	AM	AM								
46	O	O	AM	AM								
47	MM	ES	ES	HA								
48	ES	ES	ES	HA								
49	ES	ES	ES	ES								
50	ES	ES	OA	OA								
51	OA	OA	OA	OA								
52	AA	AA	O	O								
53	AA	AA	AA	AA								
54	AA	AA	R	AA								
55	AA	AA	AA	AA								
56	ES	ES	ES	ES								
57	ES	ES	ES	ES								
58	OA	OA	OA	OA								
59	OA	OA	OA	OA								
60	OA	OA	OA	OA								
61	ES	ES	OA	OA								
62	ES	ES	OA	OA								
63	ES	ES	ES	ES								
64	AA	AA	AA	AA								
65	AA	AA	AA	AA								
66	AA	AA	OA	OA								
67	AA	AA	OA	OA								
68	AA	AA	AA	OA								
69	O	O	O	O								

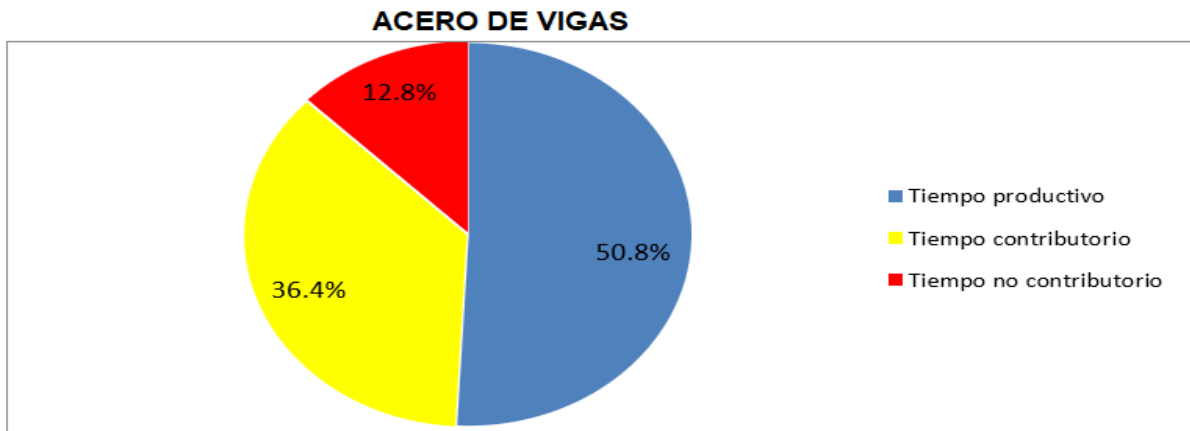
Trabajadores involucrados:		Categoría
A:	SOTOMAYOR COCA, JOEL RONALD	Operario
B:	VEGA BERROCAL, EDWIN TONY	Operario
C:	RIMACHI HUASCO, LUIS FERNANDO	Peon
D:	GOMEZ CEDERO CARLOS	Peon
E:		
F:		
G:		
H:		

Cod Trabajo Productivo			
1	AL	colocacion de acero longitudinal	44
2	ES	colocacion de estribos	61
3	AA	amarre de acero	78
4			0
5			0
6			0
		Total	183

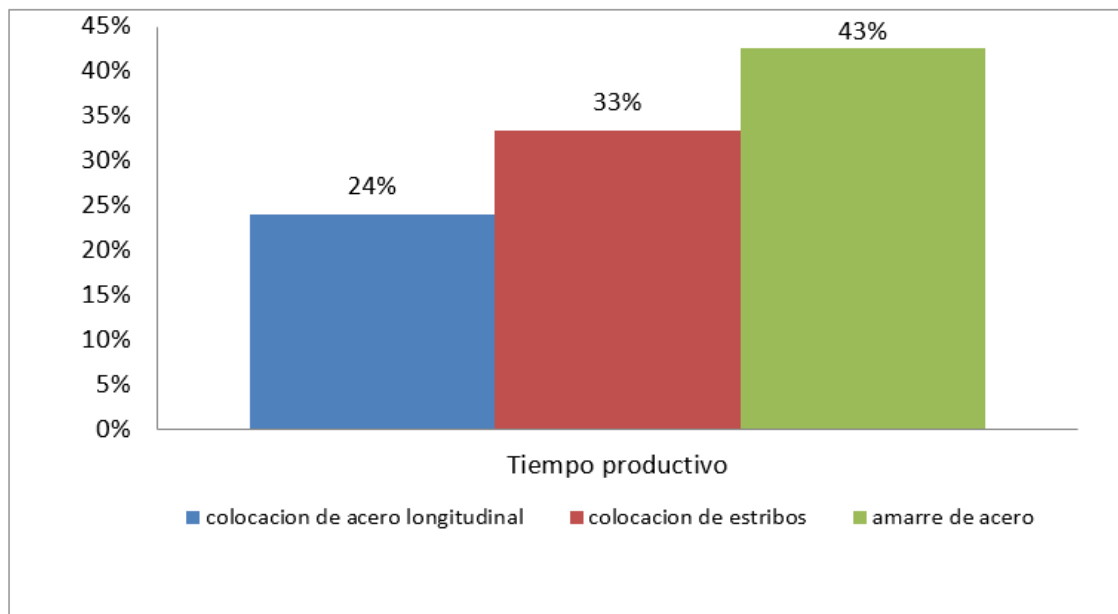
Cod Trabajo Contributivo			
7	C	coordinar actividades	8
8	AM	acarreo de materiales de acero	44
9	MM	mediciones y marcas con tiza	7
10	OA	ordenar acero según distribución	70
11	HA	habilitado de acero	2
12			
		Total	131

Cod Trabajo No Contributivo			
13	R	retrabajo	1
14	E	esperas	27
15	O	ocio	12
16	NB	necesidades biologicas	5
17	V	Viajes innecesarios	1
		Total	46

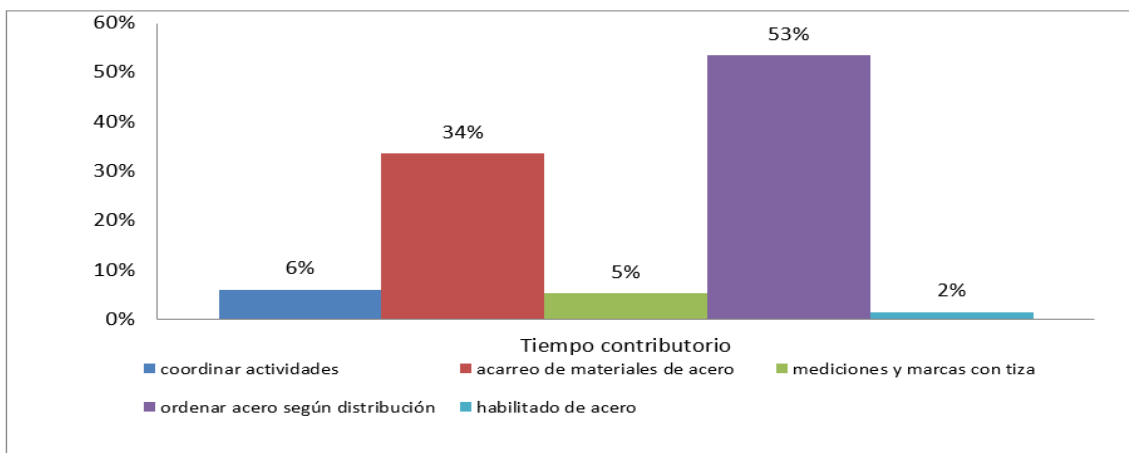
Fuente: Propia

Figura 39.*Carta de balance de acero de vigas*

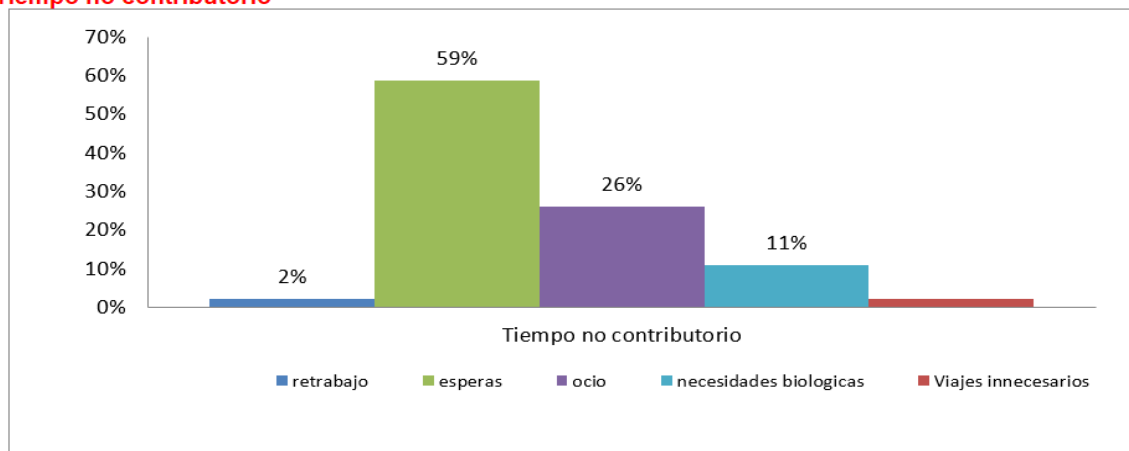
Fuente: Propia

Figura 40.*Tiempo productivo de acero de vigas***Tiempo productivo**

Fuente: Propia

Figura 42.*Tiempo contributorio de acero de vigas***Tiempo contributorio**

Fuente: Elaboración propia

Figura 41.*Tiempo no contributorio de acero de vigas***Tiempo no contributorio**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.*“TP”, “TC” y “TNC” de cuadrilla de acero de vigas*

Trabajadores involucrados:	Categoría	TP	TC	TNC
A: SOTOMAYOR COCA, JOEL RONALD	op	57%	26%	16%
B: VEGA BERROCAL, EDWIN TONY	op	63%	28%	9%
C: RIMACHI HUASCO, LUIS FERNANDO	ay	41%	45%	14%
D: GOMEZ CEDEÑO CARLOS	ay	38%	49%	13%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Se observa que la colocación de estribos y amarre de acero tienen mayores porcentajes en las actividades de tiempo productivo.
- Se observa que el operario B, tiene menor tiempo no contributivo y mayor tiempo productivo, demostrando que aún se puede reducir los tiempos no contributivos en los demás obreros al ser estos de la misma cuadrilla.
- Se evidencia que el trabajo contributivo es mayor en los ayudantes que en los operarios, esto se debe a que mientras los ayudantes acarrear el acero se tiene tiempos de espera por parte de los operarios, puede mejorar realizando equitativamente los trabajos contributivos de manera que aumentan los trabajos productivos en toda la cuadrilla.
- Se evidencia que el ayudante D tiene un tiempo productivo menor al 40%, esto puede mejorar al repartir los trabajos contributivos entre toda la cuadrilla, y reducir los tiempos no contributivos al mínimo tal como el operario B.
- Se evidencia que toda la cuadrilla tiene un tiempo productivo considerable, pero se puede mejorar reduciendo los tiempos no contributivos y teniendo un tiempo contributivo equitativo.

Figura 43.

Acero de losas (proyecto HARA)



Fuente: “Proyecto HARA”


Periodo de mediciones: La actividad inicia tras completar los encofrados de losa, con las planchas del encofrado aplicadas con desmoldante. Se utiliza acero dimensionado, iniciando con la malla inferior, empalmado las varillas horizontales de 3/8 de pulgada para ambas mallas, inferior y superior de la losa. Primero se distribuye el acero por toda el área del techo y se entortolan las varillas.

Luego se colocan los espaciadores de acero y el acero transversal, amarrando cada intersección con alambre #16.

En esta actividad la producción de los obreros es medido en un periodo de 1 hora con 30 minutos, en donde se realiza la colocación del acero de losa ubicada en el sector 2 con 343kg de acero.

Tabla 12.

Carta balance de acero de losas

 CARTA BALANCE									
Obra: HARA					Hora de inicio: 09:30				
Fecha: 9/04/2019					Hora de termino: 11:00				
Activid: ACERO DE LOSAS									
Medicio	A	B	C	D	E	F	G	H	obs.
1	CA	CA	CA	CA					
2	CA	CA	CA	CA					
3	CA	CA	CA	CA					
4	CA	CA	CA	CA					
5	CA	CA	CA	CA					
6	CA	CA	CA	CA					
7	AM	AM	AM	AM					
8	AM	AM	AM	AM					
9	AM	AM	AM	AM					
10	AM	AM	AM	AM					
11	AM	AM	AM	AM					
12	AM	AM	AM	AM					
13	AM	AM	AM	AM					
14	AM	AM	AM	AM					
15	AM	AM	AM	AM					
16	AM	AM	AM	AM					
17	AM	AM	AM	AM					
18	AM	AM	E	E					
19	AM	AM	E	E					
20	AM	AM	E	E					
21	E	E	E	E					
22	E	E	E	E					
23	E	E	E	E					
24	E	E	E	E					
25	E	E	E	E					
26	E	E	E	E					
27	DA	DA	AI	AI					
28	DA	DA	AI	AI					
29	DA	DA	AM	AM					
30	DA	DA	AM	AM					
31	DA	DA	AI	AI					
32	DA	DA	AI	AI					
33	DA	DA	OA	OA					
34	DA	DA	OA	OA					
35	AI	AI	OA	OA					
36	AI	AI	OA	OA					
37	AI	AI	AI	AI					
38	AI	AI	AI	AI					
39	MM	MM	OA	NB					
40	MM	MM	OA	NB					
41	MM	MM	OA	NB					
42	AI	AI	OA	NB					
43	AI	AI	OA	O					
44	AI	AA	AI	AI					
45	AA	AA	AI	AI					
46	AI	DA	AI	AI					
47	AI	AI	E	AI					
48	AI	O	AA	AA					
49	AA	O	AI	AA					
50	MM	O	AI	AI					
51	MM	MM	AA	AA					
52	MM	MM	AA	O					
53	MM	MM	AA	O					
54	CE	CE	AA	O					
55	CE	CE	AA	AA					
56	CE	CE	AA	AA					
57	AA	AA	O	AA					
58	DA	DA	AI	AI					
59	DA	DA	AI	AI					
60	AS	AS	AA	AA					
61	AS	AS	AA	AA					
62	AS	AS	AS	AS					
63	MM	MM	AS	AS					
64	MM	MM	AA	AA					
65	OA	OA	AM	AM					
66	MM	MM	AM	AM					
67	MM	CE	E	AA					
68	MM	CE	E	AA					

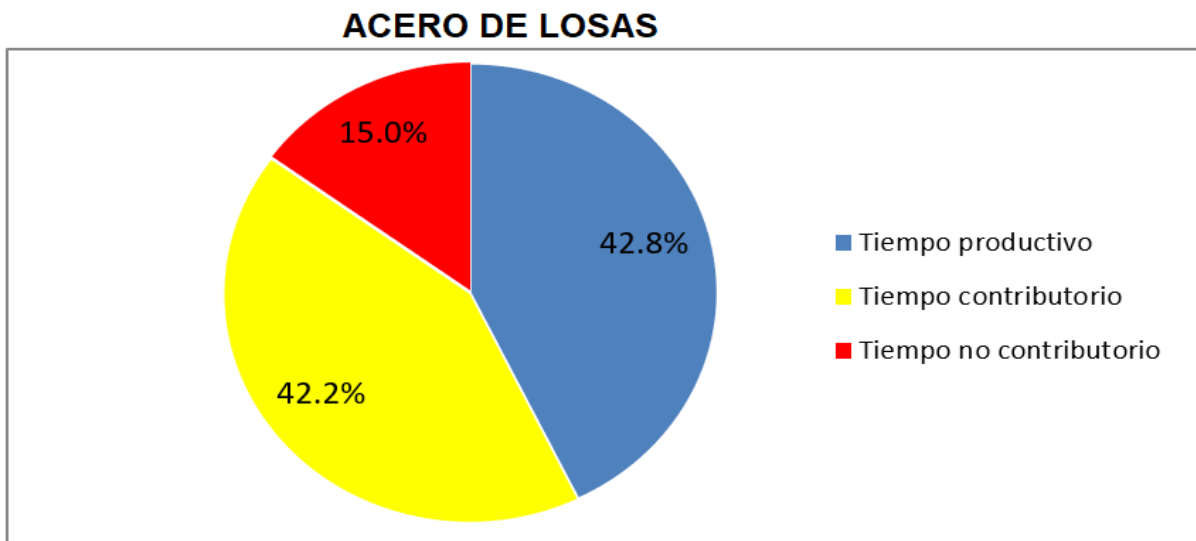
Trabajadores involucrados:		
A:	MARTINEZ CASTILLO, JHONATAN JAVIER	op
B:	MORALES CARNAJAL, HUGO	op
C:	QUISPE CONDORI, LEONIDAS CAYO	ay
D:	RIMACHI HUASCO, LUIS FERNANDO	ay
E:		
F:		
G:		
H:		

Trabajo Productivo			
1	AI	colocacion de acero inferior	43
2	AS	colocación de acero superior	46
3	AA	amarre de acero	50
4	CE	colocacion de espaciadores	15
Total			154

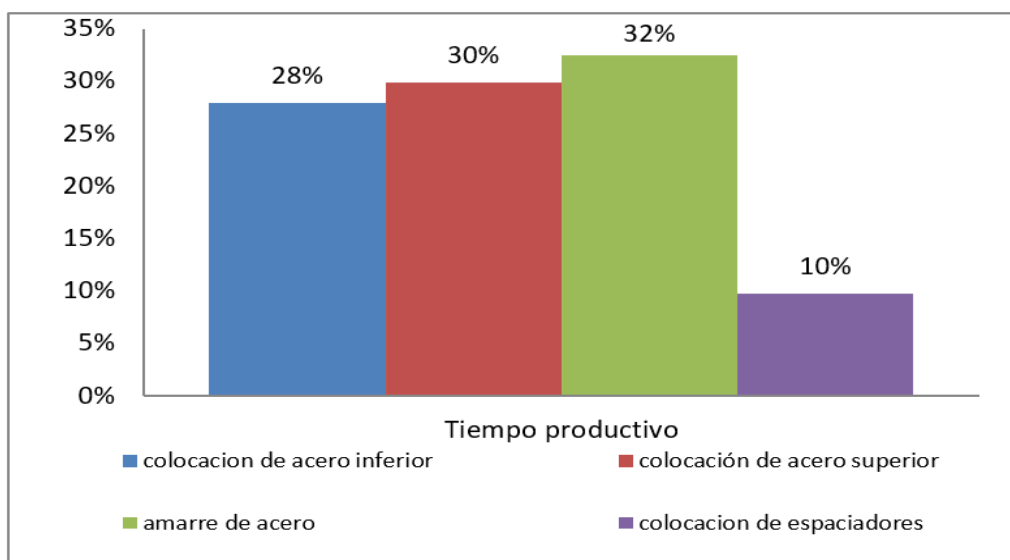
Trabajo Contributorio			
7	CA	coordinar actividades	24
8	AM	acarreo de materiales	62
9	MM	mediciones y marcas con tiza	21
10	HA	habilitado de acero	5
11	DA	distribución del acero	25
12	OA	ordenar acero según distribución	15
Total			152

Trabajo No Contributorio			
13	E	esperas	33
14	R	retrabajos	1
15	NB	necesidades biologicas	9
16	O	ocio	11
Total			54

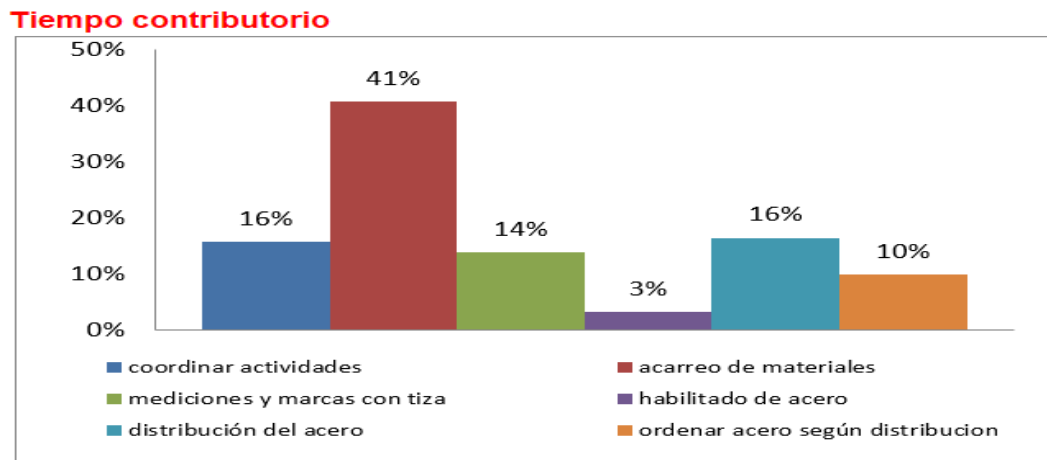
Fuente: Propia

Figura 44.*Carta balance de acero de losas*

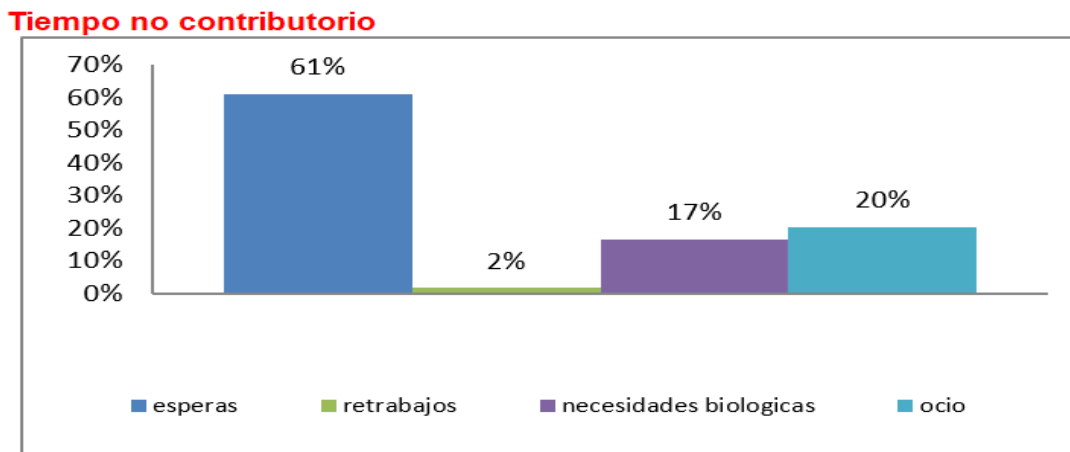
Fuente: Propia

Figura 45.*Tiempo productivo en acero de losas***Tiempo productivo**

Fuente: Propia

Figura 46.*Tiempo contributorio en acero de losas*

Fuente: Propia

Figura 47.*Tiempo no contributorio en acero de losas*

Fuente: Propia

Tabla 13.*“TP”, “TC” y “TNC” de cuadrilla de acero de losas*

Trabajadores involucrados:		Categoría	TP	TC	TNC
A:	MARTINEZ CASTILLO, JHONATAN JAVIER	op	40%	48%	12%
B:	MORALES CARNAJAL, HUGO	op	43%	46%	11%
C:	QUISPE CONDORI, LEONIDAS CAYO	ay	46%	38%	17%
D:	RIMACHI HUASCO, LUIS FERNANDO	ay	45%	34%	21%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- En las actividades, se observa que el tiempo no contributivo es mínimo en toda la cuadrilla, excepto para el obrero 'D', quien presenta un tiempo no contributivo superior al 20%. Esto se debe al tiempo empleado en ir a los servicios higiénicos y a los momentos de ocio en los que toma gaseosa. Esta situación se debe corregir teniendo los servicios higiénicos y dispensadores de agua cerca del área de trabajo.
- Se observa que los tiempos productivos y contributivos son similares. Esto podría mejorarse reduciendo el tiempo de acarreo de acero, el cual se prolonga debido a la mala coordinación del izaje de la torre grúa, generando demoras en el levantamiento de los materiales de encofrado.
- Se observa que los ayudantes tienen similar tiempo productivo que los operarios, esto se debe a que los operarios emplean también tiempo contributivo en realizar las mediciones con tiza y la distribución del acero.
- Se puede mejorar el tiempo productivo al reducir los tiempos de acarreo de acero mediante una distribución equitativa de esta actividad entre toda la cuadrilla.
- Se puede mejorar los tiempos contributivos repartiendo equitativamente los trabajos de acarreo de materiales.

Figura 48.*Encofrado de placas (proyecto HARA)*

Fuente: “Proyecto HARA”

Periodo de mediciones: La Actividad empieza después de concluir la partida “acero de verticales”. El encofrado se realiza con paneles metálicos. La tarea termina cuando se haya terminado de encofrar cada elemento de placas-columnas. Para la toma de la muestra se midió 6.5 horas de trabajo.

El encofrado metálico usado es de la empresa ALSINA, que ha sido modulado para el uso continuo en placas, los paneles son recubiertos con desmoldante. Se observa que los elementos verticales tienen una altura de 2.15 m, descontando los peraltes de viga de 0.55m.

Se utilizan puntales metálicos galvanizados regulables para aplomar las placas, anclajes y espaciadores de fierro galvanizado.

El transporte de los encofrados metálicos se realiza mediante la torre grúa, después de cada desencofrado del sector de verticales vaciado anteriormente. En esta actividad la producción de los obreros es medido en un periodo de 6.5 horas, en donde se encofra la placa del ascensor de 44.7m².

Tabla 14.

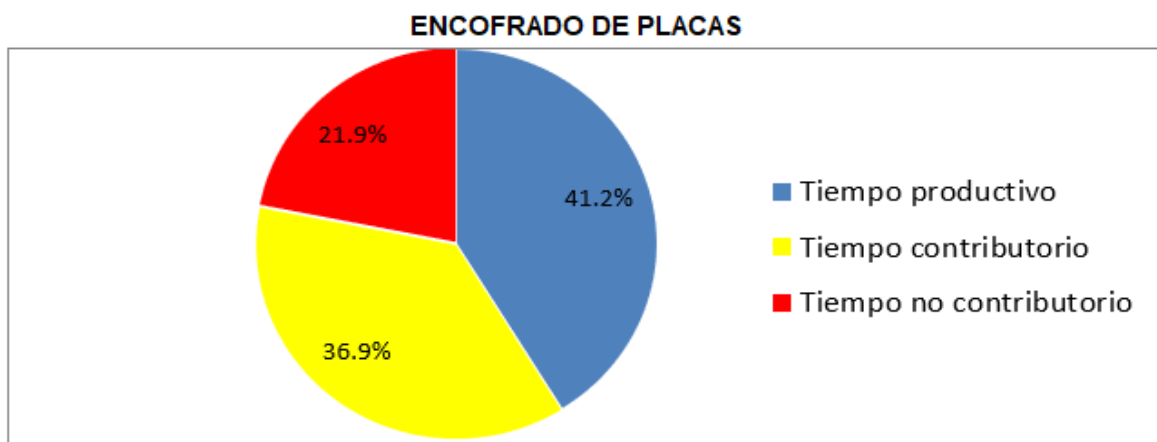
Carta de Balance de encofrado en verticales

IJE					CARTA BALANCE	
Obra:	HARA			Hora de inicio:	09:30	
Fecha:	10/04/2019			Hora de termino:	17:00	
Actividad	ENCOFRADO DE PLACAS					
Medicion	A	B	C	D		
1	C	C	C	C		
2	C	C	C	C		
3	C	C	C	C		
4	AM	AM	AM	AM		
5	AM	AM	AM	AM		
6	AM	AM	AM	AM		
7	AM	AM	AM	AM		
8	AM	AM	AM	AM		
9	AM	AM	AM	AM		
10	AM	AM	E	E		
11	E	E	E	E		
12	E	E	E	E		
13	E	E	E	E		
14	E	E	E	E		
15	E	E	E	E		
16	LE	LE	O	LE		
17	C	C	LE	LE		
18	LE	LE	LE	LE		
19	LE	LE	LE	LE		
20	LE	LE	LE	LE		
21	LE	LE	LE	LE		
22	LE	LE	AM	AM		
23	LE	LE	AM	AM		
24	LE	LE	AM	AM		
25	E	E	AM	AM		
26	E	E	AM	AM		
27	E	E	V	V		
28	E	E	V	V		
29	AD	AD	AD	AD		
30	AD	AD	AD	AD		
31	AD	AD	AD	AD		
32	AD	AD	AD	AD		
33	AD	AD	AD	AD		
34	AD	AD	BA	AD		
35	CP	CP	BA	CP		
36	CP	CP	CP	CP		
37	CP	CP	CP	CP		
38	CP	CA	CP	CA		
39	CP	CA	CP	CA		
40	CP	CA	CP	CA		
41	CA	CA	CP	CA		
42	CA	CA	CP	CA		
43	CP	CA	CP	CP		
44	CP	CP	CP	E		
45	CP	CP	CP	E		
46	CP	CP	CR	E		
47	V	CP	CA	CP		
48	E	CP	CA	CP		
49	E	CP	CA	CP		
Trabajadores involucrados:					Categoria	
A:	AGUIRRE DAVALOS VICTOR			op		
B:	UGARTE HUAMAN, ANASTACIO			op		
C:	DOMINGUEZ DOMINGUEZ, ELISERIO			ay		
D:	GARCIA CHANCO, CARLOS AUGUSTO			ay		
E:						
F:						
G:						
H:						
Cod Trabajo Productivo						
1	CP	colocacion de paneles			115	
2	CA	colocación de accesorios			74	
3	PU	colocación de puntales			18	
4	CR	colocacion de riel alineador			28	
5	AP	aplomado de paneles			8	
6					0	
Total					243	
Cod Trabajo Contributorio						
7	LE	limpieza de encofrado			40	
8	C	coordinar actividades			14	
9	AM	acarreo de material			53	
10	BA	busqueda de accesorios			6	
11	AD	aplicación de desmoldante			55	
12					0	
Total					168	
Cod Trabajo No Contributorio						
13	R	retrabajo			5	
14	E	esperas			60	
15	O	ocio			20	
16	NB	necesidades biologicas			5	
17	V	Viajes innecesarios			19	
Total					109	

Fuente: Propia

Figura 49.

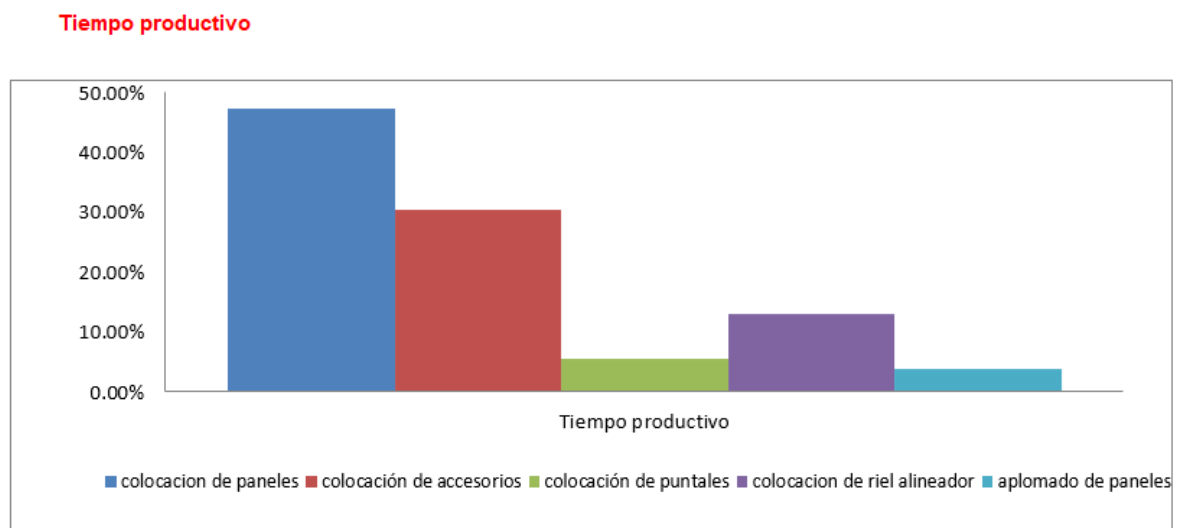
Carta de Balance de encofrado de placa



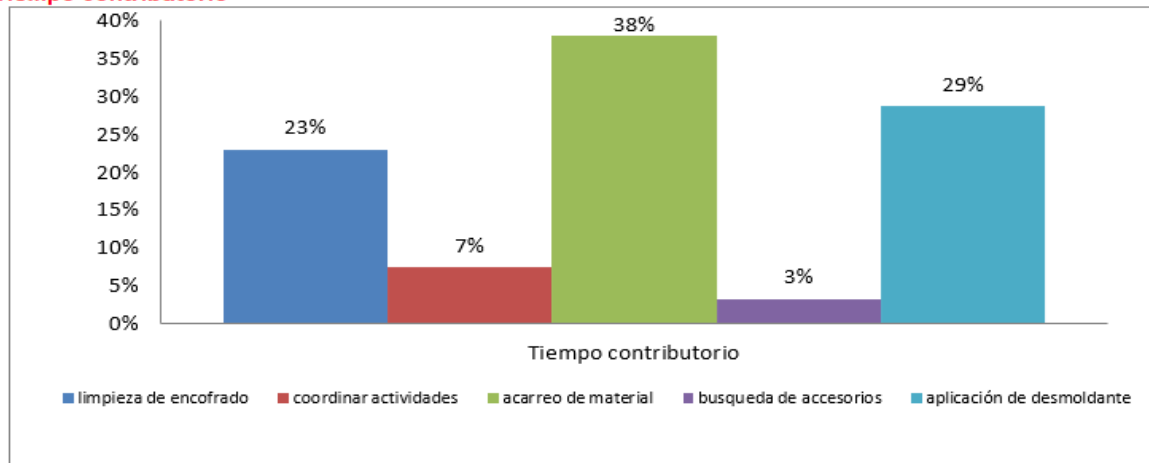
Fuente: Propia

Figura 50.

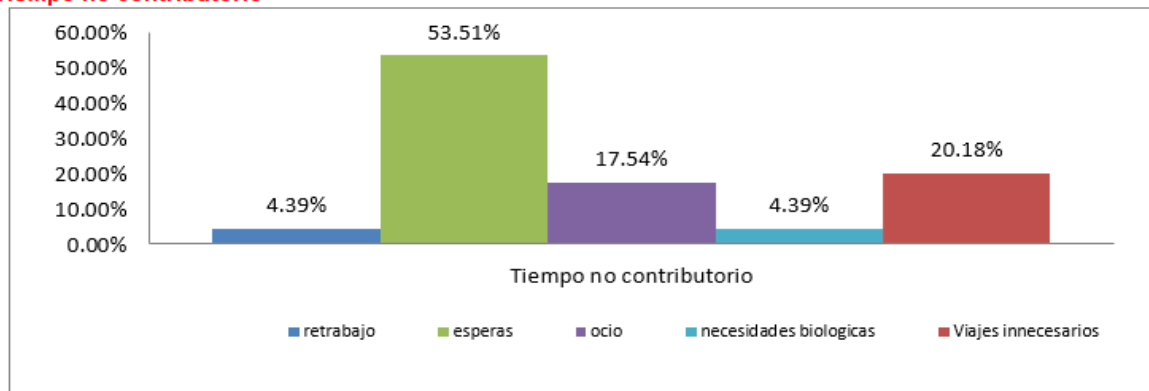
Tiempo productivo de encofrado de placas



Fuente: Propia

Figura 51.*Tiempo contributorio de encofrado de placas***Tiempo contributorio**

Fuente: Propia

Figura 52.*Tiempo no contributorio de encofrado de placas***Tiempo no contributorio**

Fuente: Propia

Tabla 15.*“TP”, “TC” y “TNC” de cuadrilla de encofrado de placas*

Trabajadores involucrados:	Categoría	TP	TC	TNC
A: AGUIRRE DAVALOS VICTOR	op	42%	33%	24%
B: UGARTE HUAMAN, ANASTACIO	op	38%	33%	29%
C: DOMINGUEZ DOMINGUEZ, ELISERIO	ay	32%	48%	20%
D: GARCIA CHANCO, CARLOS AUGUSTO	ay	30%	46%	23%

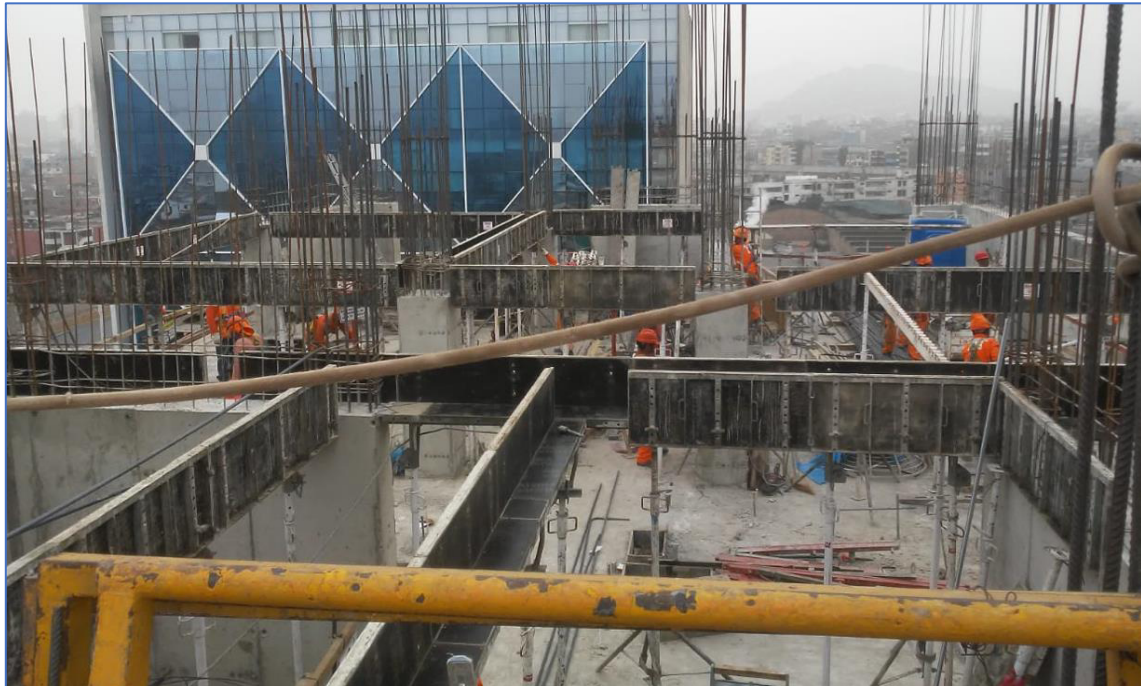
Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- En las actividades del TNC, se observa que las “ESPERAS” son los TNC de mayor incidencia, esto se debe a que la grúa no traslada los paneles de encofrado al tiempo requerido y tiene demoras ya sea por temas de eliminación de desmonte, o trasladando el acero.
- Se observa que el TC es mayor en los ayudantes que en los operarios, esto se debe a que los ayudantes son encargados de realizar el trabajo donde se requiere más esfuerzo físico que sería el acarreo de los paneles metálicos, además de facilitar la búsqueda de accesorios y en la limpieza de encofrado.
- Se observa que todos los trabajadores según su categoría tienen tiempos productivos similares TP, TC, TNC lo cual nos indica que operarios y ayudantes no están realizando los trabajos contributorios de manera equitativa, esto optimizaría mejor los tiempos productivos reduciendo los tiempos contributorios.
- Se observa que el tiempo no contributorio supera el 20% en todos los obreros de la cuadrilla, esto se puede mejorar reduciendo los lapsos de espera por el movimiento de los paneles metálicos por parte de la torre grúa.
- Se observa que el TNC del operario B es el mayor de toda la cuadrilla, esto puede mejorar reduciendo los tiempos de espera y viajes innecesarios realizados por este personal.

Figura 53.

Encofrado de vigas (proyecto HARA)



Fuente: “Proyecto HARA”

Periodo de mediciones: La Actividad empieza después del desencofrado de verticales y curado químico mediante roseado, la actividad empieza a las 9:00 am, concluyendo a la 1:00 pm. En el proceso de esta muestra se tomó un muestreo 4.0 horas de trabajo debido a que es el tiempo en realizar dicha tarea, sin interrupciones.

Se utiliza el encofrado metálico de la empresa ALSINA, que utiliza el sistema VCM que ayuda en la productividad en obra.

Se observa que las secciones de las vigas dentro de nuestros sectores, tienen dimensiones iguales de 0.40 m x 0.55 m.

Para realizar esta carta balance, se analizó el trabajo realizado en 8m² de encofrado de viga de fachada, ya que es la actividad en donde se usa más H/H debido al armado de cimbra para realizar este trabajo.

Tabla 16.

Carta de Balance de encofrado de vigas

IJE		CARTA BALANCE			
Obra: HARA	Hora de inicio: 09:00				
Fecha: 23/04/2019	Hora de termino: 13:00				
Activid: ENCOFRADO DE VIGAS					
Medicio	A	B	C	D	obs.
1	C	C	C	C	
2	C	C	C	C	
3	C	C	C	C	
4	AM	AM	AM	AM	
5	AM	AM	AM	AM	
6	AM	AM	AM	AM	
7	AM	AM	AM	AM	
8	AM	AM	AM	AM	
9	AM	AA	AM	AM	
10	AM	AA	AM	AM	
11	AM	AA	AM	AM	
12	AM	AA	AM	AM	
13	AM	AA	AC	AC	
14	AM	AM	AC	AC	
15	E	E	AC	V	
16	E	E	AC	V	
17	TP	LE	AC	V	
18	TP	LE	AC	V	
19	TP	TP	AC	AC	
20	CP	TP	AC	AC	
21	CP	CP	AC	AC	
22	CP	CP	AC	AC	
23	CP	CP	AC	AC	
24	FV	FV	AC	AC	
25	FV	FV	AC	AC	
26	FV	FV	AC	NB	
27	FV	FV	AC	NB	
28	FV	V	AC	NB	
29	FV	V	E	NB	
30	FV	FV	E	NB	
31	CA	CA	AC	AC	
32	CA	CA	AC	AC	
33	CA	CA	AC	AC	
34	AA	AA	O	O	
35	AM	AA	AC	AC	
36	AM	AA	AC	AC	
37	TP	TP	AC	AC	
38	TP	TP	AC	AC	
39	CP	CP	AC	AC	
40	CP	CP	AC	AC	
41	CP	CP	AC	AC	
42	CP	FV	AC	V	
43	FV	FV	AC	V	
44	FV	FV	AC	V	
45	CA	CA	AC	AC	
46	CA	CA	AC	AC	
47	V	E	AC	AC	
48	V	E	AC	AC	
49	AM	AM	AC	AC	
50	AM	AM	O	O	

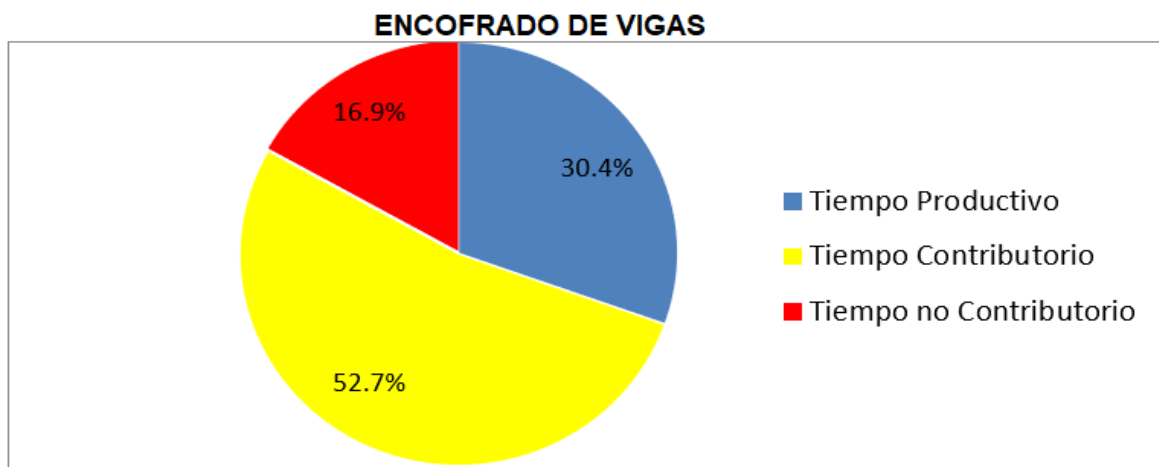
Trabajadores involucrados:			Categoría
A:	BARRIENTOS CCOYLLO, JULIO ELEODORO		op
B:	FLORES VILCA, YRVIN SALVADOR		ay
C:	CONCO BENITO, JUAN JAVIER		op
D:	PINTADO CALLE, DEYVER		ay
E:			
F:			
G:			
H:			

Cod	Trabajo Productivo	
1	FV	colocacion de fondos de viga
2	LV	colocación de laterales de viga
3	CA	colocación de accesorios
4	CP	colocación de puntales
5	TP	colocación de tripodes de
6		
	Total	146

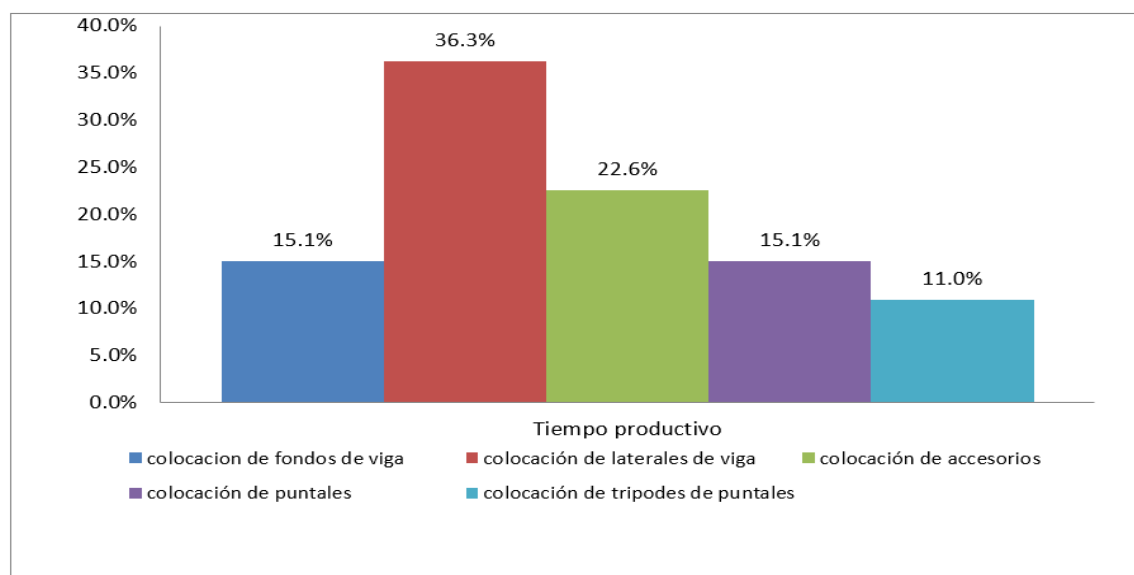
Cod	Trabajo Contributorio	
7	LE	limpieza de encofrado
8	C	coordinar actividades
9	AM	acarreo de material encofrado
10	AA	acarreo de accesorios (tripodes, niveladores)
11	AC	armado de cimbra
12		
	Total	253

Cod	Trabajo No Contributorio	
13	R	retrabajo
14	E	esperas
15	O	ocio
16	NB	necesidades biologicas
17	V	Viajes innecesarios
	Total	81

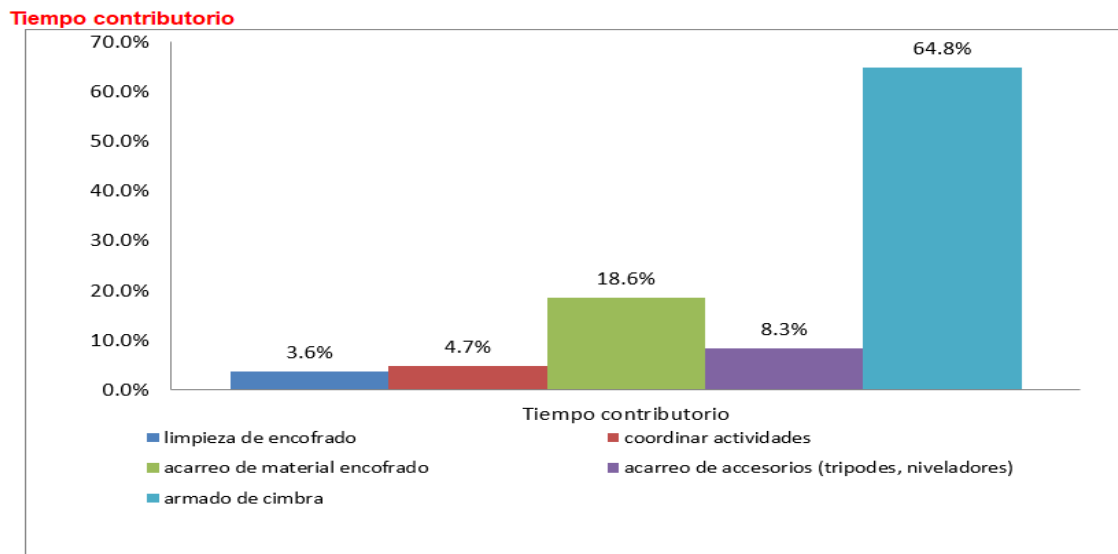
Fuente: Propia

Figura 54.*Carta de Balance de encofrado de placa*

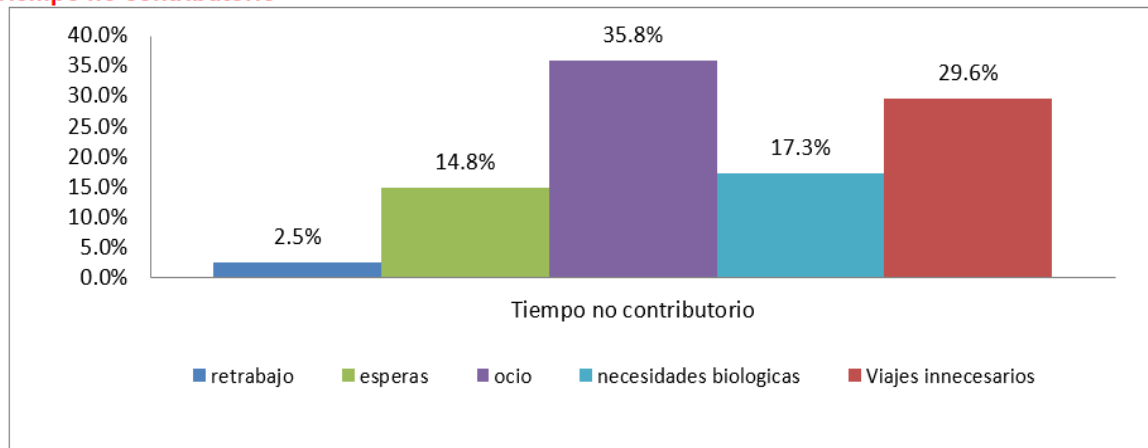
Fuente: Propia

Figura 55.*Tiempo productivo de encofrado de vigas***Tiempo productivo**

Fuente: Propia

Figura 57.*Tiempo no contributivo de encofrado de vigas*

Fuente: Propia

Figura 56.*Tiempo contributivo de encofrado de vigas***Tiempo no contributivo**

Fuente: Propia

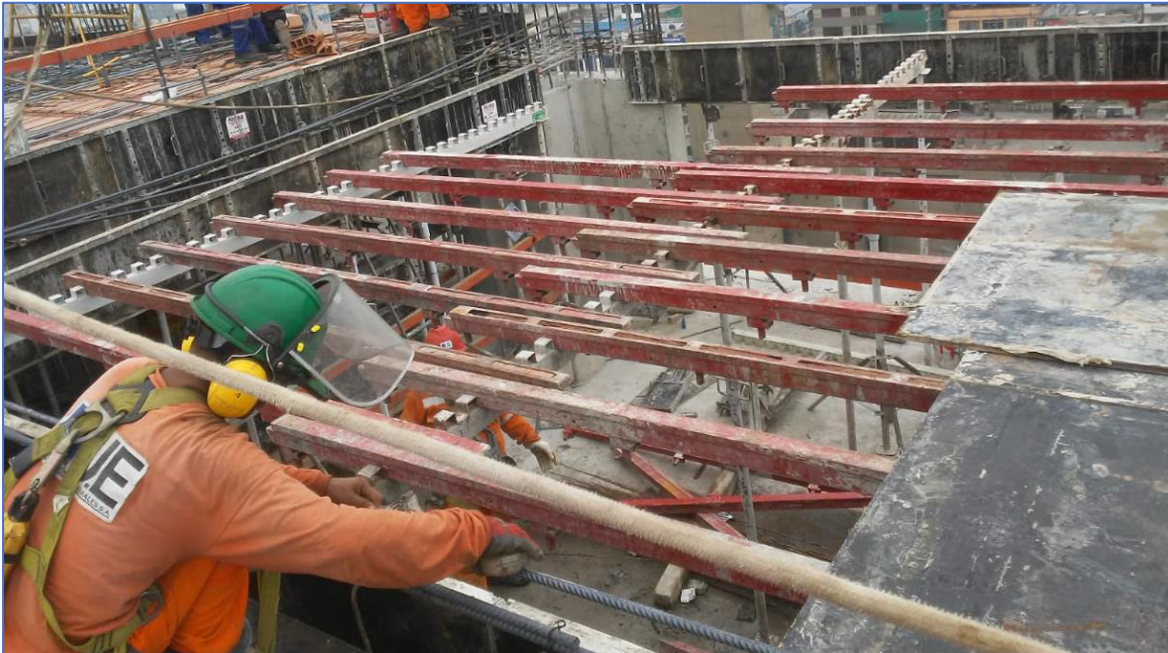
Tabla 17.*“TP”, “TC” y “TNC” de cuadrilla*

Trabajadores involucrados:		Categoría	TP	TC	TNC
A:	BARRIENTOS CCOYLLO, JULIO ELEODORO	op	65%	23%	11%
B:	FLORES VILCA, YRVIN SALVADOR	ay	55%	32%	13%
C:	CONCO BENITO, JUAN JAVIER	op	0%	80%	20%
D:	PINTADO CALLE, DEYVER	ay	0%	77%	23%

Fuente: Propia

Interpretación:

- Se visualiza en el TP, la colocación de paneles laterales tiene 36.30 % siendo la mayor incidencia de trabajo productivo de la actividad. Esto se debe a que los obreros realizan este proceso utilizando escalera o alguna base de apoyo debido a la altura de los laterales de viga.
- Se observa en el TC, el armado de cimbra tiene 64.80 % siendo la mayor incidencia de trabajo contributivo de la actividad. Esto se debe a que para encofrar el lateral de viga de fachada se tiene que colocar la cimbra, como sugiere la empresa ALSINA para mayor seguridad y estabilidad a la hora de realizar el encofrado. Para esto se requiere necesariamente una pareja de operario y ayudante, razón por la que el rendimiento H/H es elevado en esta partida.
- Se observa en el TNC, el tiempo de ocio, tiene 35.8 % siendo la mayor incidencia de trabajo no contributivo de la actividad seguido de viajes innecesarios con un 29.6%. Esto se debe mayormente al tiempo de ocio de la pareja de armado de cimbra, ya que al ser una actividad netamente contributiva es más propensa a tener tiempo de ocio y además el personal de seguridad (SSOMA) solicita asistencia para tareas menores, generando así viajes innecesarios que no guardan relación alguna con las labores específicas de encofrado.

Figura 58.*Encofrado de losas (proyecto HARA)*

Fuente: “Proyecto HARA”

Periodo de mediciones: La Actividad empieza luego de la colocación del encofrado de vigas, la actividad empieza a las 9:00 am, concluyendo a la 1:00 pm. En el proceso de esta muestra se tomó un muestreo 4.0 horas de trabajo debido a que es el tiempo en realizar dicha tarea, sin interrupciones.

Se utilizan trípodes para puntales, puntales, portasopandas, sopandas, brindados por la empresa ALSINA, que facilitan la productividad en el encofrado de losas macizas y aligeradas. Además, se utilizan paneles fenólicos que es un material que facilita la actividad de encofrado de losa optimizando la productividad.

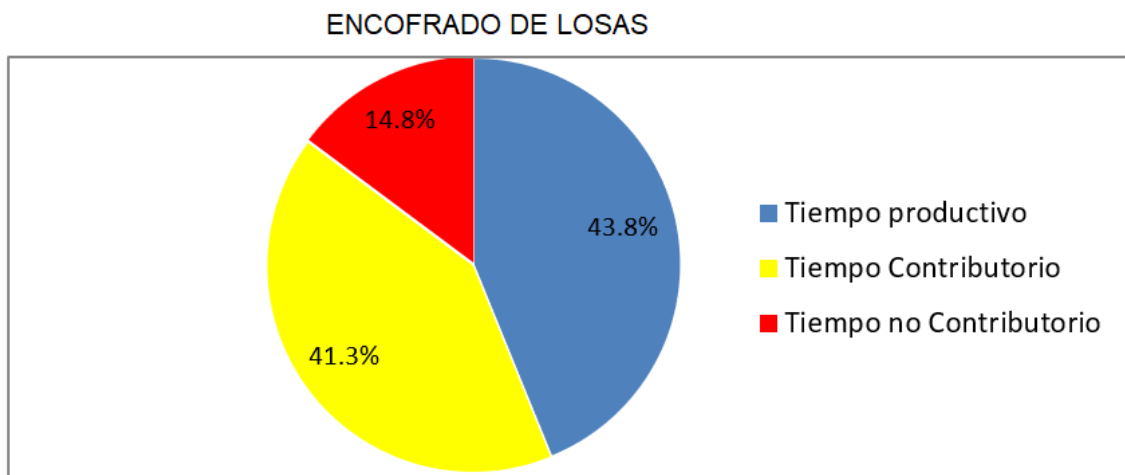
Para realizar esta carta balance, se analizó el encofrado en losas macizas, ya que es la actividad de más incidencia en los pisos típicos del bloque A.

Tabla 18.

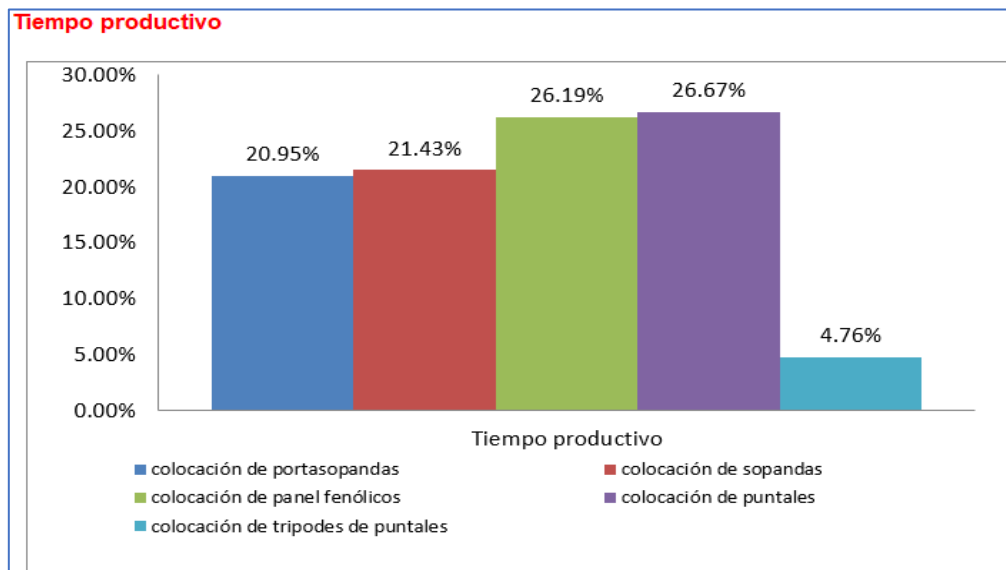
Carta de Balance de encofrado de losas

OIE JE		CARTA BALANCE				
Obra:	HARA				Hora de inicio:	09:00
Fecha:	26/04/2019				Hora de termino:	13:00
Activic:	ENCOFRADO DE LOSAS					
Medicio	A	B	C	D	obs.	
1	C	C	C	C		
2	C	C	C	C		
3	C	C	C	C		
4	AM	AM	AM	AM		
5	AM	AM	AM	AM		
6	AM	AM	AM	AM		
7	AM	AM	AM	AM		
8	AM	AM	AM	AM		
9	AM	AM	AM	AM		
10	AM	AM	AM	AM		
11	E	AM	AM	AM		
12	AM	AM	AM	AM		
13	AM	AM	AM	AM		
14	AM	AM	AM	V		
15	AM	V	AM	V		
16	TP	V	O	AM		
17	PU	TP	AM	AM		
18	TP	PU	AM	AM		
19	TP	TP	AM	AM		
20	TP	TP	AM	AM		
21	PU	PU	AM	AM		
22	PU	PU	V	AM		
23	PU	PU	AM	AM		
24	PU	PU	AM	AM		
25	TP	TP	AM	AM		
26	PU	TP	AM	AM		
27	CP	CP	PU	PU		
28	CP	PU	PU	PU		
29	AM	CP	AM	AM		
30	CP	CP	E	V		
31	PU	CP	CP	CP		
32	CP	PU	PU	PU		
33	CP	CP	E	CP		
34	PU	PU	E	AM		
35	CP	CP	CP	CP		
36	CP	CP	CP	CP		
37	PU	PU	PU	CP		
38	PU	PU	PU	PU		
39	PU	PU	PU	CP		
40	CP	CP	AM	AM		
41	CP	PU	AM	NB		
42	O	O	AM	NB		
43	CP	CP	CS	NB		
44	CP	CP	CP	CP		
Trabajadores involucrados:						
A:	LEON BRICEÑO, ALEX DARIO				op	
B:	MILLA MUÑOZ MANUEL				op	
C:	VELIZ GUAYANAY, DANIEL PORFIRIO				ayu	
D:	LEON BRICEÑO, MATEO NOE				ayu	
E:						
F:						
G:						
H:						
Cod Trabajo Productivo						
1	CP	colocación de portasopandas			31	
2	CS	colocación de sopandas			43	
3	CF	colocación de panel fenólicos			51	
4	PU	colocación de puntales			84	
5	TP	colocación de tripodes de puntales			10	
6						
		Total			219	
Cod Trabajo Contributorio						
7	C	coordinar actividades			12	
8	AM	acarreo de materiales de encofrado			94	
9	EP	encintado de panel fenólico			13	
10	NP	nivelación de puntales			70	
11					0	
12					0	
		Total			189	
Cod Trabajo No Contributorio						
13	S	Simulacion de trabajo			13	
14	E	esperas			8	
15	O	ocio			24	
16	NB	necesidades biologicas			10	
17	V	Viajes innecesarios			16	
		Total			71	

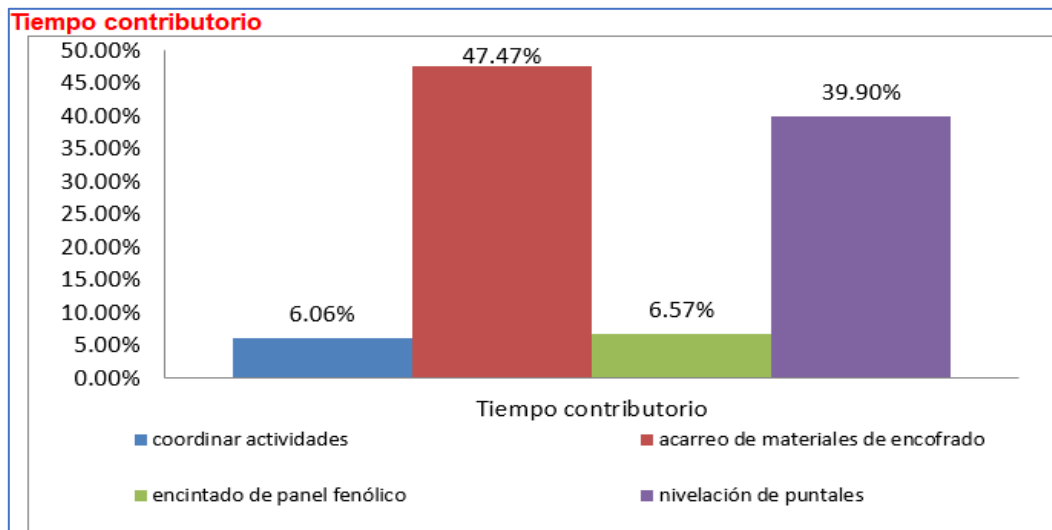
Fuente: Propia

Figura 59.*Carta de Balance de encofrado de losas*

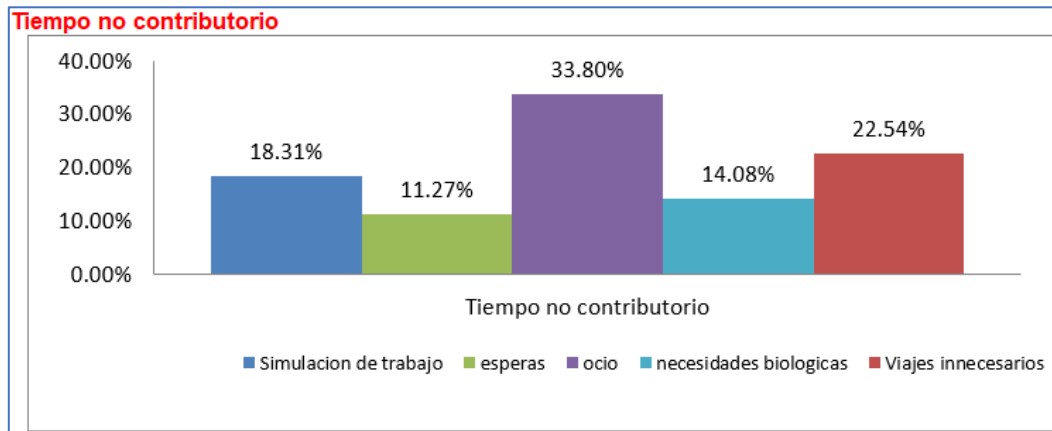
Fuente: Propia

Figura 60.*Tiempo Productivo de encofrado de losas*

Fuente: Propia

Figura 62.*Tiempo contributorio de encofrado de losas*

Fuente: Propia

Figura 61.*Tiempo no contributorio de encofrado de losa*

Fuente: Propia

Tabla 19.*TP, TC y TNC de cuadrilla de encofrado de losa*

Trabajadores involucrados:		Categoría	TP	TC	TNC
A:	LEON BRICEÑO, ALEX DARIO	op	58%	30%	12%
B:	MILLA MUÑOZ MANUEL	op	55%	35%	10%
C:	VELIZ GUAYANAY, DANIEL PORFIRIO	ayu	33%	47%	21%
D:	LEON BRICEÑO, MATEO NOE	ayu	29%	54%	17%

Fuente: Propia

Interpretación:

- Se observa en el TP, la colocación de paneles fenólicos tiene la mayor incidencia con la colocación de puntales, ambos procesos con 26.19% y 26.67% respectivamente. Esto se debe a que la colocación de paneles fenólicos conlleva más dificultades a la hora de ser colocados, ya que en comparación a las sopandas y portasopandas estas ya vienen listas para ser colocadas una encima de otras.
- De la misma manera se tiene la incidencia de los puntales ya que una vez se culmina la colocación de paneles fenólicos se asegura el encofrado con la colocación de más puntales para soportar la carga del futuro vaciado de losa.
- Se observa en el TC, el acarreo de materiales tiene 47.47 % siendo la mayor incidencia de trabajo contributivo de la actividad. Esto se debe al traslado de todos los materiales (trípodes, puntales, paneles fenólicos, sopandas, portasopandas) están incluidos en este proceso.
- El segundo TC de mayor incidencia se encuentra la nivelación de puntales, proceso necesario para asegurar el correcto apuntalamiento por debajo del vaciado de losa.
- Se observa en el TNC, el tiempo de ocio, tiene 33.8 % siendo la mayor incidencia de trabajo no contributivo de la actividad. Esto se debe mayormente al tiempo de tomar gaseosas y ocio cuando se está nivelando el apuntalamiento por debajo del encofrado.

Figura 63.*Vaciado de losas*

Fuente: “Proyecto HARA”

Periodo de mediciones: La Actividad empieza después del colocado de acero en vigas, losa, y limpieza de losa antes del vaciado, la actividad empieza a la 1:00 pm, concluyendo a las 6:30 pm. Se termina la actividad hasta limpiar las herramientas y se haya terminado de pulir toda la losa.

No se toman en cuenta a los trabajadores de la empresa UNICON, quienes son los encargados de hacer llegar mediante equipo de bombeo el concreto hasta la losa para el vaciado correspondiente.

Se tiene en cuenta al personal obrero que se encargan de limpiar la losa “sopleteado y regado de losa”. La cuadrilla de vaciado de losas, son autorizados para quedarse hasta terminar la actividad. Se realizó la medición con una cuadrilla de 4 operarios con 2 obreros en un total de 31.96m³ de concreto.

Tabla 20.

Carta Balance de vaciado de losas

Medicid		A	B	C	D	E	F	obs.
1		C	C	C	C	C	C	
2		C	C	C	C	C	C	
3		AM	AM	AM	AM	AM	AM	
4		AM	AM	AM	AM	AM	AM	
5		AM	AM	AM	AM	AM	AM	
6		AM	AM	AM	AM	O	AM	
7		AM	AM	AM	AM	O	AM	
8		AM	AM	AM	AM	AM	AM	
9		AM	AM	AM	AM	AM	AM	
10		LL	LL	LL	LL	LH	LH	
11		LL	LL	LL	LL	LH	LH	
12		LL	LL	LL	LL	LH	LH	
13		LL	LL	LL	LL	O	O	
14		LL	LL	LL	LL	O	O	
15		LL	AM	AM	AM	O	O	
16		LL	AM	AM	AM	O	O	
17		LL	AM	RL	AM	AM	AM	
18		LL	CP	RL	NB	AM	AM	
19		LL	CP	RL	NB	LH	LH	
20		LL	CP	RL	NB	LH	LH	
21		LL	CP	RL	NB	LH	LL	
22		LH	CP	RL	NB	LH	LL	
23		LH	CP	RL	NB	LL	S	
24		LH	CP	RL	NB	LL	S	
25		EM	EM	RL	EM	LL	EM	
26		EM	EM	RL	EM	LL	EM	
27		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
28		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
29		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
30		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
31		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
32		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
33		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
34		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
35		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
36		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
37		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
38		EM	EM	EM	EM	EM	EM	
39		E	E	E	E	VC	S	
40		S	LC	LC	LC	VC	VI	
41		LC	LC	LC	LC	VC	VI	
42		LC	LC	LC	LC	VC	VI	
43		LC	LC	LC	LC	E	VI	
44		LC	LC	LC	LC	CP	VI	
45		E	LC	LC	E	VC	VI	
46		E	LC	LC	AM	VC	VI	
47		AM	LC	LC	AM	VC	VI	
48		LC	LC	LC	RC	VC	VI	
49		RC	LC	LC	RC	VC	VI	

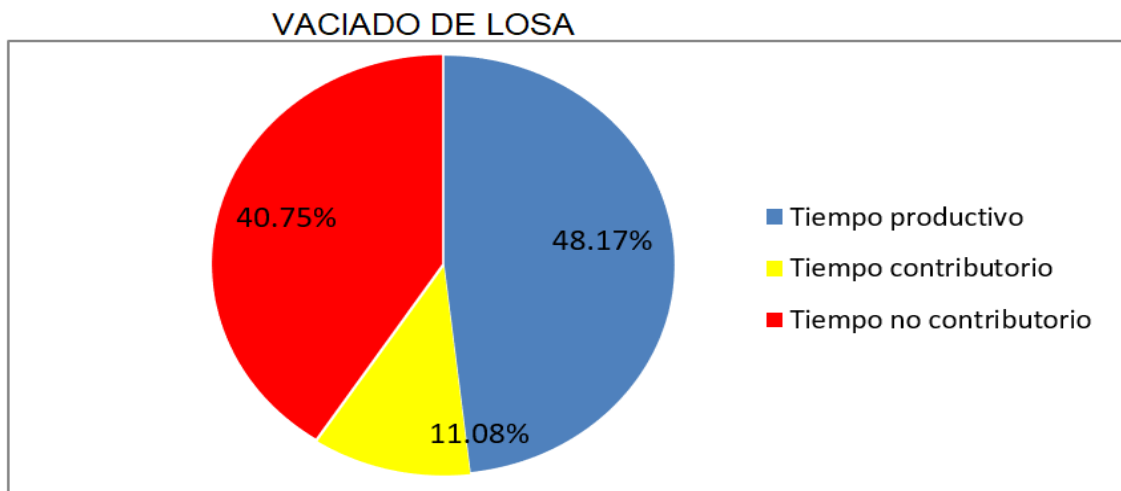
Trabajadores involucrados:			Categoría
A:	BUSTINZA HUILLCA, MANUEL		op
B:	CONDORI PALOMINO HUBER		op
C:	LLAULLIPOMA JAVIER RICHARD ROBERTO		op
D:	MARICHI PISCO, JOSE		op
E:	HUAMAN TOCTO, ROGER		ay
F:	HIGASHI MORINAKA, JULIO		ay
G:			
H:			

Cod	Trabajo Productivo		
1	YC	Vaciado de concreto con manguera	96
2	VI	Vibrado de concreto	107
3	LC	Lampeado de concreto	243
4	RC	Reglado de concreto	295
5	AL	Acabado de losa	155
6			0
	Total		896

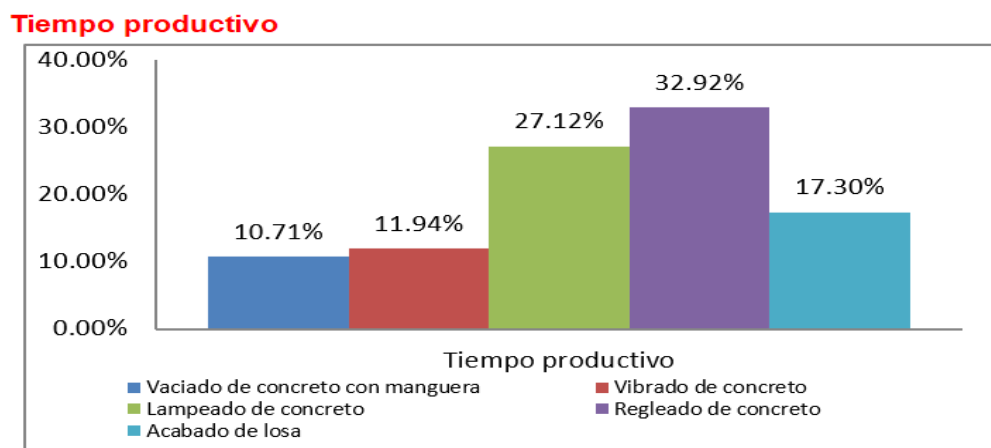
Cod	Trabajo Contributorio		
7	C	Coordinar actividades	16
8	AM	Acarreo de materiales de vaciado	91
9	LL	Limpieza de losa antes de vaciado	33
10	CP	Colocación de plástico en columnas y placas	27
11	LH	Limpieza de herramientas	29
12	RL	Regado de losa	10
	Total		206

Cod	Trabajo No Contributorio		
13	E	Esperas	33
14	EM	Esperas por mixer	596
15	O	Tiempo de ocio	69
16	S	Simulación de trabajo	24
17	NB	Necesidades Biológicas	36
	Total		758

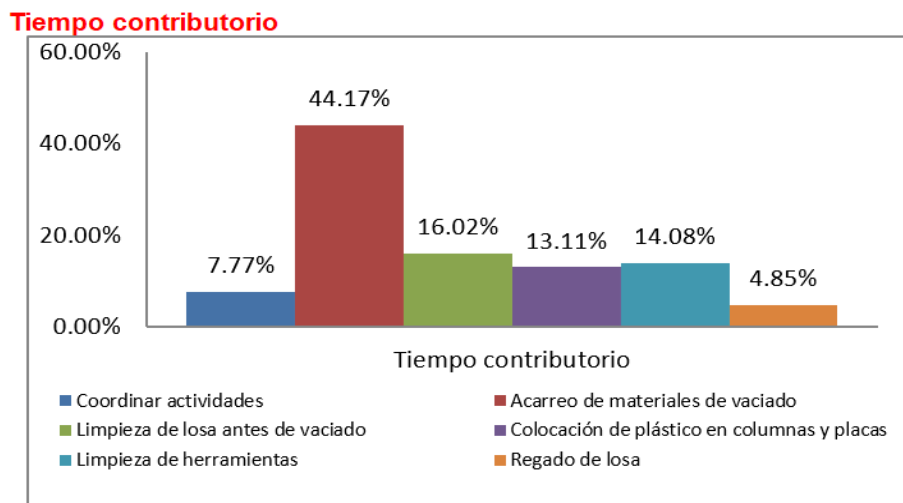
Fuente: Propia

Figura 64.*Carta de Balance de vaciado de losa*

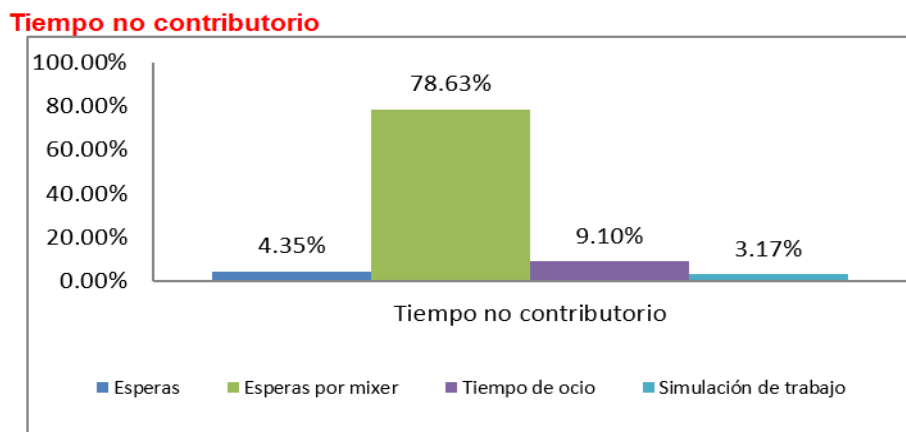
Fuente: Propia

Figura 65.*Tiempo Productivo de vaciado de losas*

Fuente: Propia

Figura 67.*Tiempo contributorio de vaciado de losas*

Fuente: Propia

Figura 66.*Tiempo no contributorio de vaciado de losas*

Fuente: Propia

Tabla 21.*“TP”, “TC” y “TNC” de cuadrilla de vaciado de losas*

Trabajadores involucrados:		Categoría	TP	TC	TNC
A:	BUSTINZA HUILLCA, MANUEL	op	48.46%	12.65%	38.89%
B:	CONDORI PALOMINO HUBER	op	56.97%	10.53%	32.51%
C:	LLAULLIPOMA JAVIER RICHARD ROBERTO	op	53.33%	10.30%	36.36%
D:	MARICHI PISCO, JOSE	op	53.56%	10.53%	35.91%
E:	HUAMAN TOCTO, ROGER	ay	36.47%	12.03%	51.50%
F:	HIGASHI MORINAKA, JULIO	ay	42.25%	12.02%	45.74%

Fuente: Propia

Interpretación:

- Se visualiza en el TP, el regleado de concreto tiene la mayor incidencia en la actividad con 32.92%.
- Se observa en el TC, el acarreo de materiales para vaciado es el proceso que tiene mayor incidencia con 44.17%, pero es mínimo en relación a la partida en general ya que el TC solo es el 11.08%.
- Se observa en el TNC, el tiempo de ESPERA POR MIXER, tiene 78.63 % siendo la mayor incidencia de trabajo no contributivo de la actividad. Esto se debe mayormente a la demora en llegada de cada mixer y en la instalación del montante de concreto de parte del personal de UNICON.

Medidas Correctivas que se consideró para reducir los tiempos no productivos

- Se llevó a cabo una conversación directa con los miembros de la cuadrilla del encofrado para abordar las preocupaciones relacionadas con la gestión del tiempo. Se hizo hincapié en la importancia de cumplir con los horarios establecidos y se comunicó claramente que aquel personal que persistan en recibir advertencias sobre la gestión de sus tiempos enfrentará la posibilidad de ser retirados de la obra.
- Se llevó a cabo una charla informativa destinada a proporcionar orientación y claridad sobre el proceso constructivo. Esta iniciativa busca asegurar que todo el personal de la cuadrilla del encofrado comprenda de manera integral los procedimientos y las expectativas en el desarrollo de sus tareas.
- Para eliminar los lapsos de demora al descender al primer piso, se optó por colocar la habilitación de un baño portátil en la obra. Esta medida busca mejorar las condiciones laborales y minimizar las interrupciones en las labores diarias, contribuyendo así a una mayor eficiencia en la ejecución de las tareas por parte de la cuadrilla

4.3.6. Análisis del aporte unitario (H.H)

La utilización del informe semanal de producción y el tareo diario ha permitido la recopilación detallada de las horas-hombre utilizadas en cada partida del proyecto. Este enfoque nos brinda la capacidad de evaluar el rendimiento obtenido en cada una de las tareas, lo que resulta fundamental para determinar si se está generando una ganancia o pérdida en la ejecución del proyecto.

Tabla 22.

Cuadro de productividad H/H Encofrado de viga (proyecto HARA)

ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VIGAS (SEMANA 14)						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
H/H	81.5	173	91.5	96	162	32.5
METRADO	67	61.8	95.11	29.24	52.1	11.45
H.H / M2	1.216	2.799	0.962	3.283	3.109	2.838
				PROMEDIO		
		H.H / M2		2.010		

Fuente: Propia

Se identificó que las horas-hombre utilizadas en promedio durante la semana 19 (semana 1 de observación) son incluso superiores a las indicadas por las revistas especializadas 2.01HH por m², (las revistas especializadas indican 1.78HH por m² de encofrado de viga). Esta discrepancia, especialmente cuando se compara con las horas-hombre requeridas por el expediente técnico (1.20HH por m² de encofrado de viga), sugiere una diferencia significativa y una pérdida considerable en términos de eficiencia y gestión de recursos.

La brecha observada entre las horas-hombre actuales y las estimadas tanto por las revistas especializadas como por el expediente técnico indica la necesidad urgente de implementar mejoras sustanciales en la planificación y ejecución del trabajo.

Tabla 23.

Cuadro de productividad H/H Encofrado de Placas (proyecto HARA)

ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE PLACA (SEMANA 14)						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
H/H	79	40	0	94.7	57.6	74.9
METRADO	83.82	0	0	123.3	40.78	93.2
H.H / M2	0.942	0.000	0.000	0.768	1.412	0.804
				PROMEDIO		
		H.H / M2		1.015		

Fuente: Elaboración propia

Se identificó que las horas-hombre utilizadas en promedio durante la semana 23 (semana 1 de observación) de encofrado de placas no alcanzan los rendimientos sugeridos por fuentes especializadas, los cuales se sitúan en 1.68HH por m² de encofrado de placa, significando esto que se ha ejecutado la partida dentro de los parámetros normales con 1.015HH por m². Sin embargo, se ha identificado que estas horas-hombre son superiores a las indicadas en el expediente técnico, que es la referencia esencial para la gestión eficiente del proyecto y la obtención de beneficios económicos. De acuerdo al expediente técnico, se establece que las horas-hombre máximas aceptables para esta partida son de 0.73HH por m² de encofrado de placa. La discrepancia entre las horas-hombre reales y los límites definidos en el expediente técnico indica la generación de una pérdida y la necesidad de realizar optimizaciones y mejoras en la ejecución de esta partida.

4.3.7. Índices de productividad basados en el costo mano de obra

Es importante señalar que se realizó un seguimiento detallado de los recursos empleados en la realización del proyecto a lo largo de las 4 semanas de monitoreo, con el propósito de determinar los costos reales de la construcción, esta información es proporcionada

por el área administrativa y oficina técnica de la obra, y consiste en los montos realmente gastados y los montos a cobrar en las valorizaciones.

La productividad meta “1” indica que el costo real debe ser igual al presupuestado en base a lo indicado por Botero y Álvarez (2004) respecto a la utilización de recursos, siendo la productividad meta o ideal la eficiente y efectiva.

Tabla 24.

Indicadores de productividad mediante costos “Proyecto HARA”

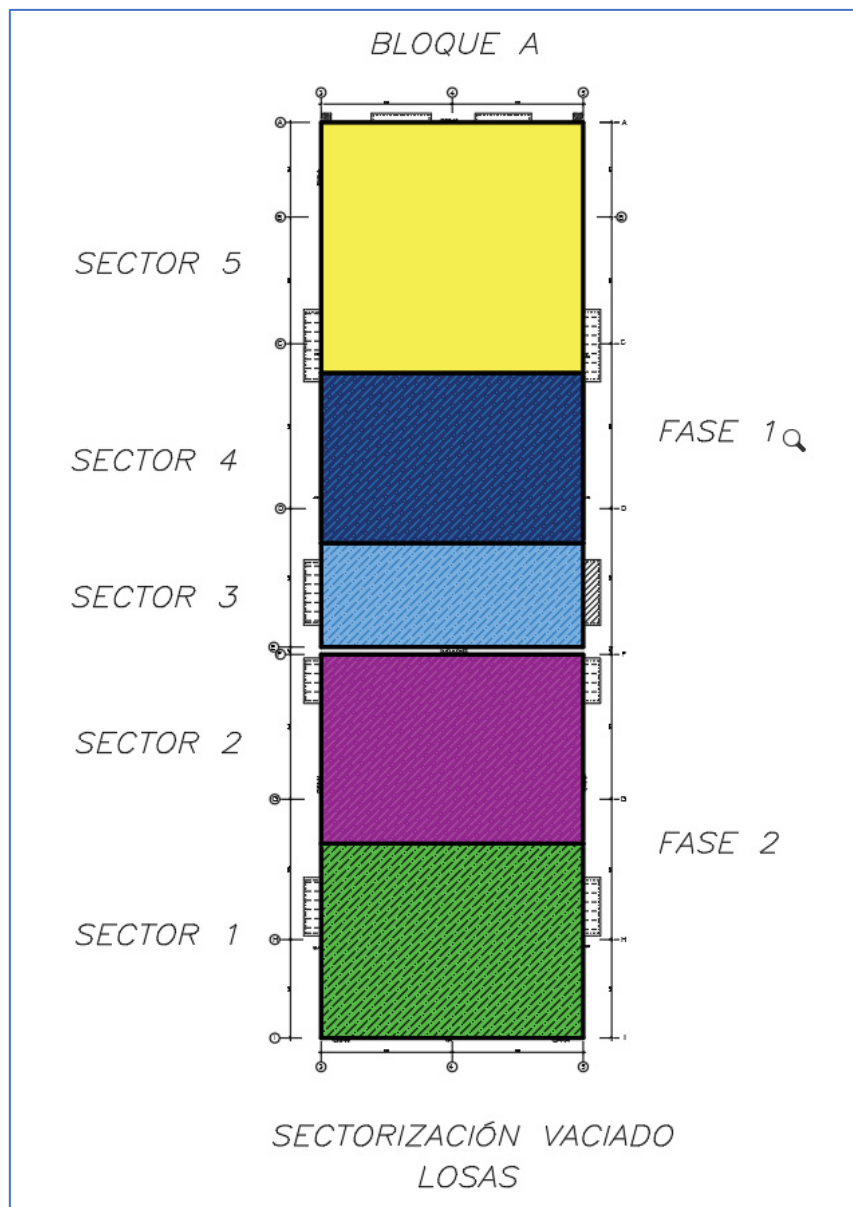
INDICE DE PRODUCTIVIDAD EN BASE A COSTOS (H/H ACERO, ENCOFRADO, CONCRETO)						
SEMANA	VALOR PLANIFICADO APU.	VALOR PLANIFICADO APU. (ACUMULADO)	COSTO REAL	COSTO REAL ACUMULADO	PRODUCTIVIDAD	PRODUCTIVIDAD META
Semana 1	S/ 54,096.03	S/ 54,096.03	S/ 62,257.30	S/ 62,257.30	0.869	1
Semana 2	S/ 43,684.91	S/ 97,780.94	S/ 52,951.10	S/ 115,208.40	0.849	1
Semana 3	S/ 27,806.13	S/ 125,587.07	S/ 34,137.30	S/ 149,345.70	0.841	1
Semana 4	S/ 50,857.50	S/ 176,444.57	S/ 53,565.75	S/ 202,911.45	0.870	1

Fuente: Elaboración propia

Se observa en las primeras 4 semanas de analizar mediante el “ISP” y el tareo, que se está generando un costo mayor por ejecutar las partidas de casco estructural que lo presupuestado en el expediente técnico.

4.3.8. Causas que afectan la productividad en la obra

Incorrecta Sectorización – Trenes de trabajo: Desde el piso 1 se vino desarrollando una sectorización de vaciados en cinco sectores, lo cual ha generado un impacto significativo en el avance de varias partidas subsiguientes. Específicamente, el sector 3 presenta una disparidad considerable en términos de metraje en comparación con los demás sectores, lo que ha ocasionado un retraso en el tren de trabajo. Este retraso se vuelve crítico ya que es esencial garantizar que todos los sectores cuenten con una cantidad similar de elementos especiales que requieren ejecución interna.

Figura 68.*Sectorización de vaciados del bloque A*

Fuente: Propia

La sectorización se debe implementar con el objetivo de prevenir desequilibrios en la producción entre grupos de obreros, lo cual podría resultar en retrasos o adelantos no deseados en la ejecución del proyecto. La igualdad en la carga de trabajo entre los sectores se considera fundamental para mantener una progresión fluida y eficiente en la construcción, evitando posibles interrupciones o desajustes en la secuencia de actividades.

Desafíos Logísticos en la Ejecución de Obra: Se realizó un seguimiento exhaustivo de las actividades, enfocado en determinar las razones que inciden en las pérdidas de producción, según las fichas de gestión establecidas.

La figura 69 proporciona una representación visual de las principales razones que originan pérdidas durante la ejecución de la obra. La causa más preponderante, identificada con un 25%, es la falta de materiales, abarcando situaciones que van desde, falta de frentes de trabajo debido a que no llegó tal material y no se puede realizar dicha actividad sin ese material o que por temas de tiempo no se llegó a vaciar tal sector de columnas entonces no se puede continuar con la actividad subsiguiente que sería el encofrado de vigas.

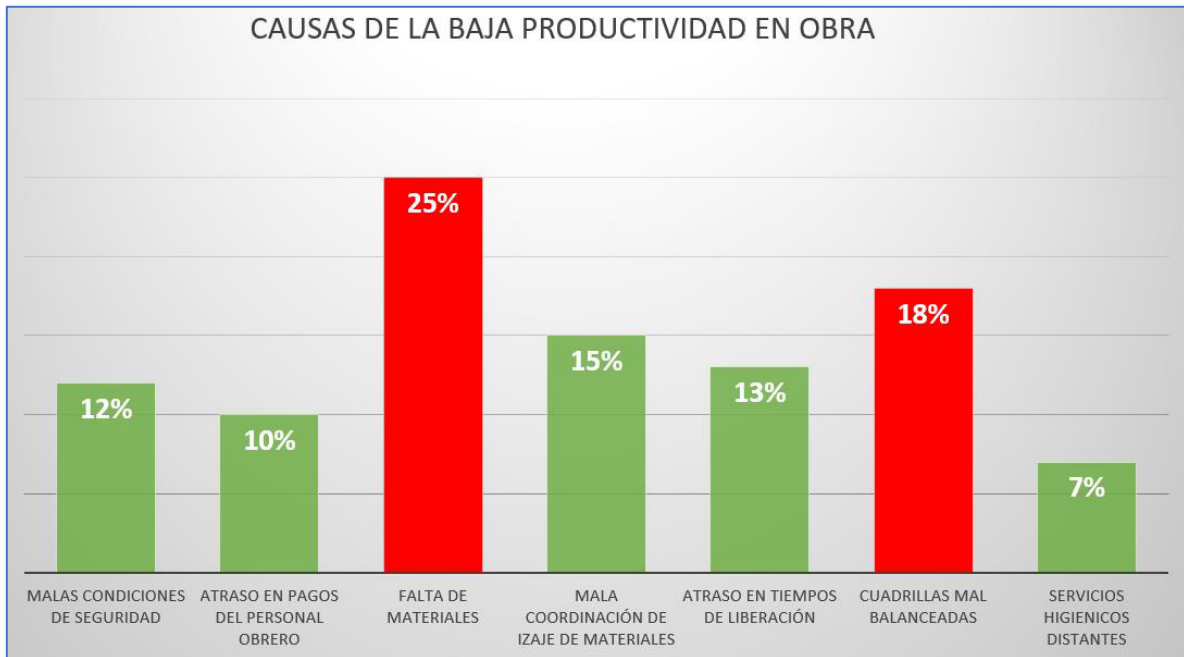
En el segundo lugar de importancia, resalta la problemática relacionada con las "cuadrillas mal balanceadas", constituyendo el 18% de las razones identificadas que generan pérdidas. Específicamente, en el caso de los encofrados de verticales y horizontales, donde se observó que hay personal obrero que realiza de manera más rápida los encofrados de losas y vigas que realizando encofrado de columnas y placas, y viceversa. Esta problemática se puede resolver con el uso de cartas balance para reagrupar las cuadrillas de tal manera que reduzcan los tiempos no contributorios y aumenten los tiempos productivos.

En tercer lugar, se encuentra la mala coordinación de izaje de materiales de obra ya que originan un trabajo contributorio significativo durante su traslado. Este desafío puede ser atenuado mediante una adecuada distribución del uso de la grúa torre y una planificación más eficiente.

Adicionalmente, se destaca la importancia de la ubicación de servicios básicos, los cuales se encuentran en el primer nivel. Esta disposición puede generar retrasos que afectan la ejecución de las actividades. Considerar la ubicación estratégica de baños portátiles cerca al frente de trabajo, podría contribuir a reducir tiempos muertos y mejorar la eficiencia operativa.

Figura 69.

Causas de la baja productividad “proyecto HARA”.



Fuente: Propia

4.3.9 Implementación del Last Planner

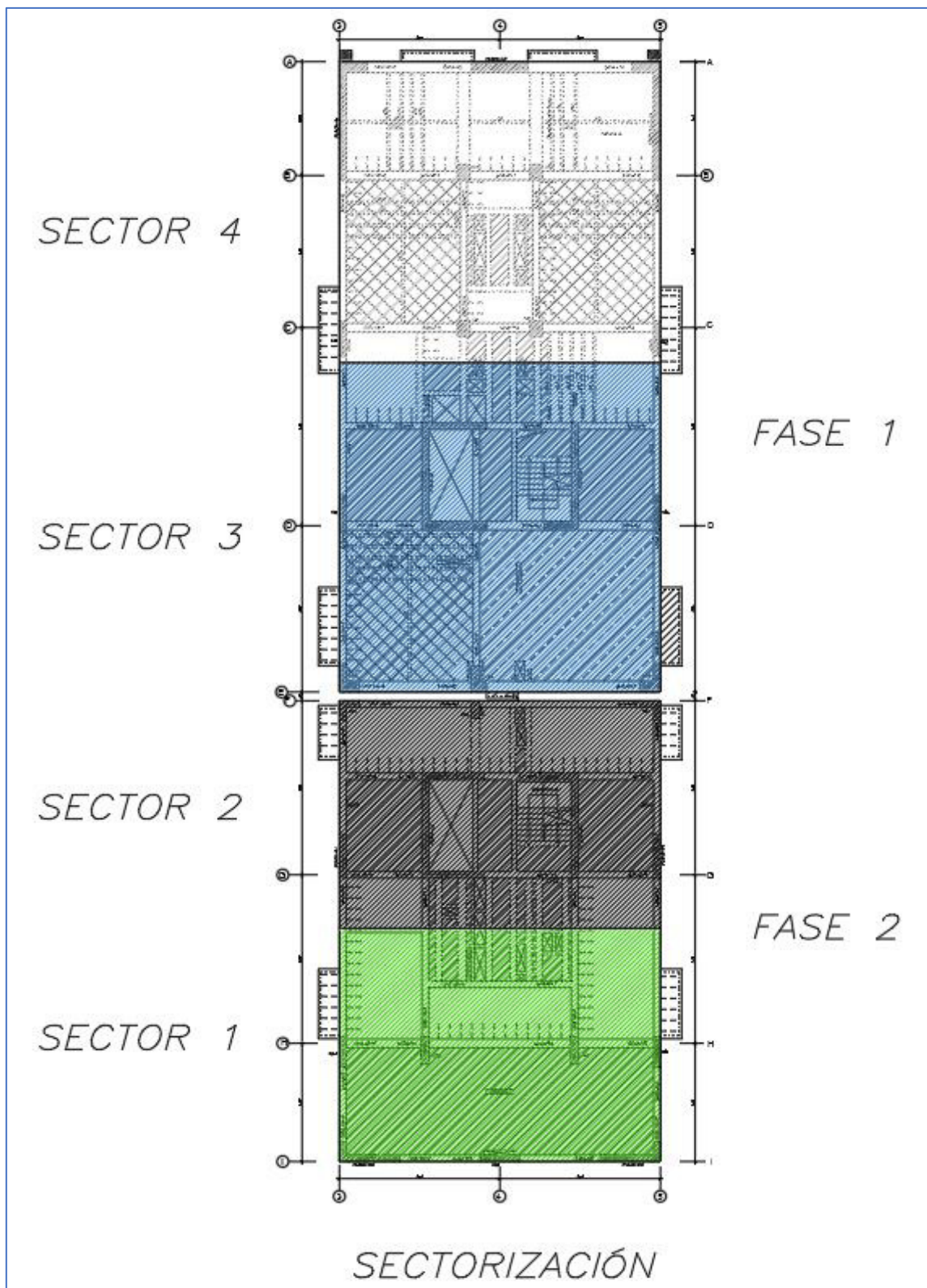
4.3.9.1 Corrección de la sectorización

Durante las semanas de introducción y capacitación al sistema del último planificador, se ajustó la sectorización, reduciendo de 5 a 4 sectores, con metrados correspondientes para equilibrar las cuadrillas en cada frente. En la figura 60 se observa la sectorización corregida con el nuevo tren de actividades. Esto se hizo con el fin de asegurar un flujo constante de actividades eficientes.

En la figura 61 se observa los metrados realizados para los encofrados de placas y columnas de cada sector.

Figura 70.

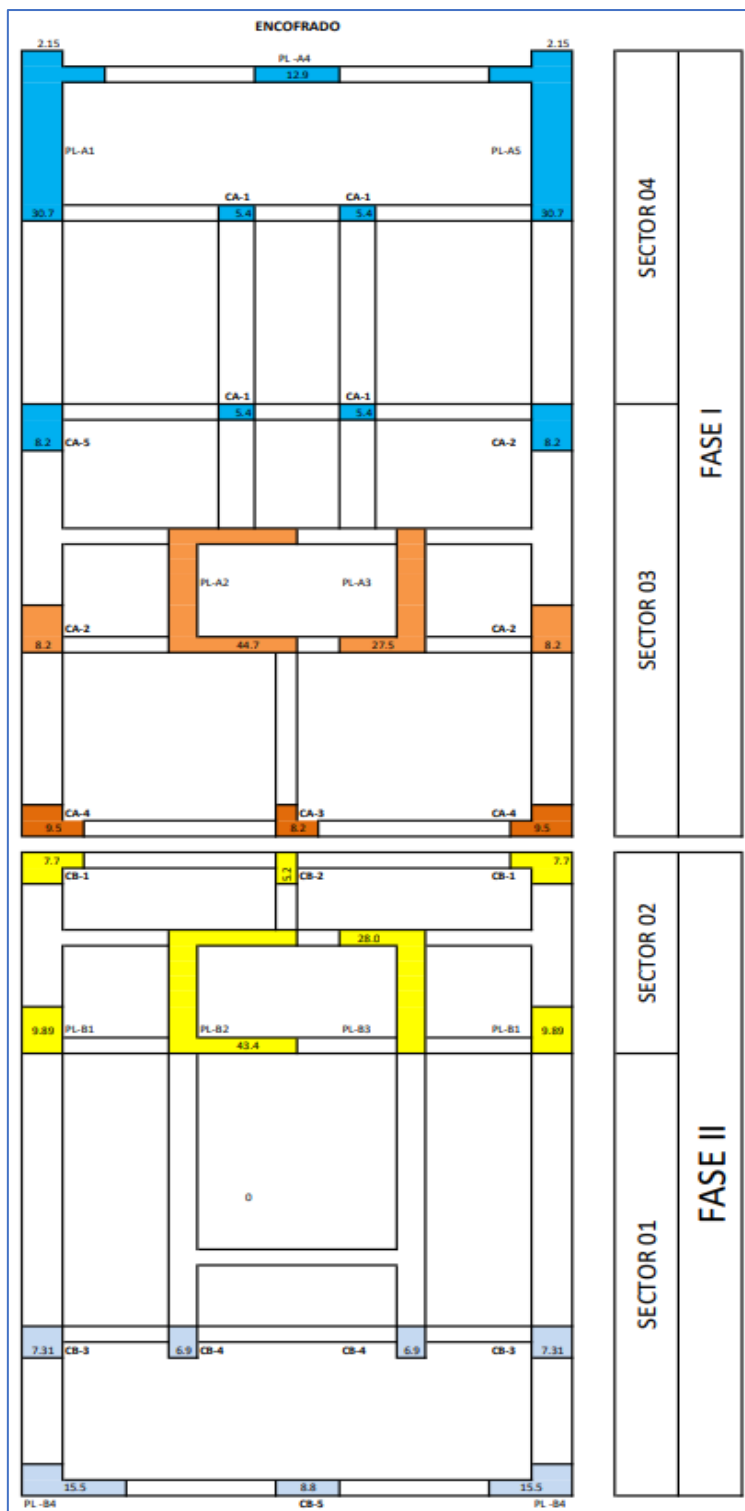
Corrección de la sectorización mediante el last planner



Fuente: Propia

Figura 71.

Metrados realizados para la sectorización mediante el last planner



Fuente: Propia

4.3.9.2. Lookahead planning (Plan intermedio)

En el proceso de desarrollar la programación intermedia, también conocido como lookahead, se ha tomado en cuenta la sectorización de la obra en cuatro áreas distintas. Durante la elaboración de esta programación de cuatro semanas, se lleva a cabo un minucioso análisis de las restricciones relacionadas a todas las tareas planificadas. Este análisis tiene como objetivo primordial determinar qué actividades pueden ser trasladadas al inventario de trabajo ejecutable y, simultáneamente, identificar aquellas que requieren la liberación de restricciones para su ejecución adecuada.

Tabla 25.

Lookahead a 4 semanas

INFORMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	MAYO																				JUNIO				
	SEMANA 20					SEMANA 21					SEMANA 22					SEMANA 23									
	lun	mar	mié	jue	vie	lun	mar	mié	jue	vie	lun	mar	mié	jue	vie	lun	mar	mié	jue	vie					
ESTRUCTURA	266	267	268	269	270	273	274	275	276	277	280	281	282	283	284	287	288	289	290	291					
DESCRIPCION																									
TRAZO Y REPLANTEO				S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14				
ACERO VERTICALES				S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14				
ENCOFRADO VERTICALES	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14				
CONCRETO VERTICALES	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14				
ENCOFRADO DE FONDO y 01 COSTADO VIGAS	S3 P9	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14			
ACERO DE VIGAS	S3 P9	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14			
ENCOFRADO DE LOSAS	S2 P9	S3 P9	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14		
COLOCACIÓN DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS	S1 P9	S2 P9	S3 P9	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14	
ACERO DE LOSAS	S1 P9	S2 P9	S3 P9	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14	
INSTALACIONES ELECT. SANIT.	S1 P9	S2 P9	S3 P9	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14	
CONCRETO - VIGAS Y LOSAS	S1 P9	S2 P9	S3 P9	S4 P9			S1 P10	S2 P10	S3 P10	S4 P10	S1 P11	S2 P11	S3 P11	S4 P11	S1 P12	S2 P12	S3 P12	S4 P12	S1 P13	S2 P13	S3 P13	S4 P13	S1 P14	S2 P14	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.

Lookahead semanal

INFORMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES		PROGRAMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES		JULIO							CUMPLIMIENTO		ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO	
				SEMANA 29										
				lun	mar	mie	jue	vie	sab					
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	15	16	17	18	19	20	CUMPLIM IENTO	Tipo C.N.C.	Motivo de Incumplimiento		
				252	253	254	255	256	257	SI	NO			
ESTRUCTURA														
TORRE A2														
PISOS 1 AL 20														
TRAZO Y REPLANTEO	und	4.00		S3 P18		S1 P19	S2 P19			3	1	AT	Falta trazar el sector 4 por que no se realizo el vaciado en la fecha programada	
ACERO VERTICALES	und	4.00		S3 P18	Piso 1	S1 P19	S2 P19			3	1	MAT	Demora de la llegada del acero. No cumplio con enviar el despacho en la fecha	
ENCOFRADO VERTICALES	und	5.00		S2 P18	S3 P18	Piso 1	S1 P19	S2 P19		3	1	AT	Demora de la llegada del acero. Retraso la actividad programada ya que no se pudo realizar	
CONCRETO VERTICALES	und	5.00		S2 P18	S3 P18	Piso 1	S1 P19	S2 P19		3	1	AT	Demora de la llegada del acero. Retraso la actividad programada, debido a que no se pudo	
ENCOFRADO DE VIGAS	und	4.00		S2 P18	S3 P18	Piso 1	S1 P19	S2 P19		3	1	AT	No se realizo actividad predecesora por falta de area de trabajo	
ACERO DE VIGAS	und	4.00		S2 P18	S3 P18	Piso 1	S1 P19	S2 P19		3	1	AT	No se realizo actividad predecesora por falta de area de trabajo	
ENCOFRADO DE LOSAS	und	4.00		S1 P17	S2 P18	S3 P18	Piso 1			4	0			
COLOCACIÓN DE VIGUETAS Y BOVEDI	und	2.00		S1 P17	S2 P18	S3 P18	Piso 1			4	0			
ACERO DE LOSAS	und	4.00		S1 P17	S2 P18	S3 P18	Piso 1			4	0			
INSTALACIONES ELECT. SANIT.	und	4.00		S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18			4	0			
CONCRETO - VIGAS Y LOSAS	und	4.00		S4 P17	S1 P18	S2 P18	S3 P18			4	0			
CONFIABILIDAD O EFECTIVIDAD DE LA PROGRAMACIÓN SEMANAL										38.00	6.00	86%		

Fuente: Elaboración propia

4.3.9.3 Análisis de restricciones y Causas de no cumplimiento (CNC)

Las principales restricciones en el proyecto HARA son:

- Mano de Obra (M.O): Falta de personal obrero.
- Materiales (MAT): Falta de materiales en obra.
- Equipos y Herramientas (EQ): Ausencia o insuficiencia de equipos, herramientas en el proyecto.
- Subcontratos (SUB): Falta de personal de subcontrata, faltas en la entrega del servicio o bien subcontratado.
- Errores de ejecución (EJEC): Inadecuado procedimiento constructivo para la ejecución de una actividad.
- Externo (EXT): Factores climáticos, sucesos fortuitos, huelgas sindicales, etc.
- Cliente o Supervisión (CLI): Compromisos no realizados, falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, etc.
- Área de trabajo / incumplimiento de actividades predecesoras (AT/IAP): Demoras en tareas previas que no permiten la continuación de los trabajos subsiguientes.
- Administrativos (ADM): Falta de permisos y licencias, problemas internos de la empresa, falta de pagos a personal, falta de pagos a proveedores de materiales, equipos o herramientas.
- Seguridad (SEG): No seguir al pie de la letra las normas de seguridad establecidas en obra, ocurrencia de accidentes por falta de criterios del personal.

Tabla 27.

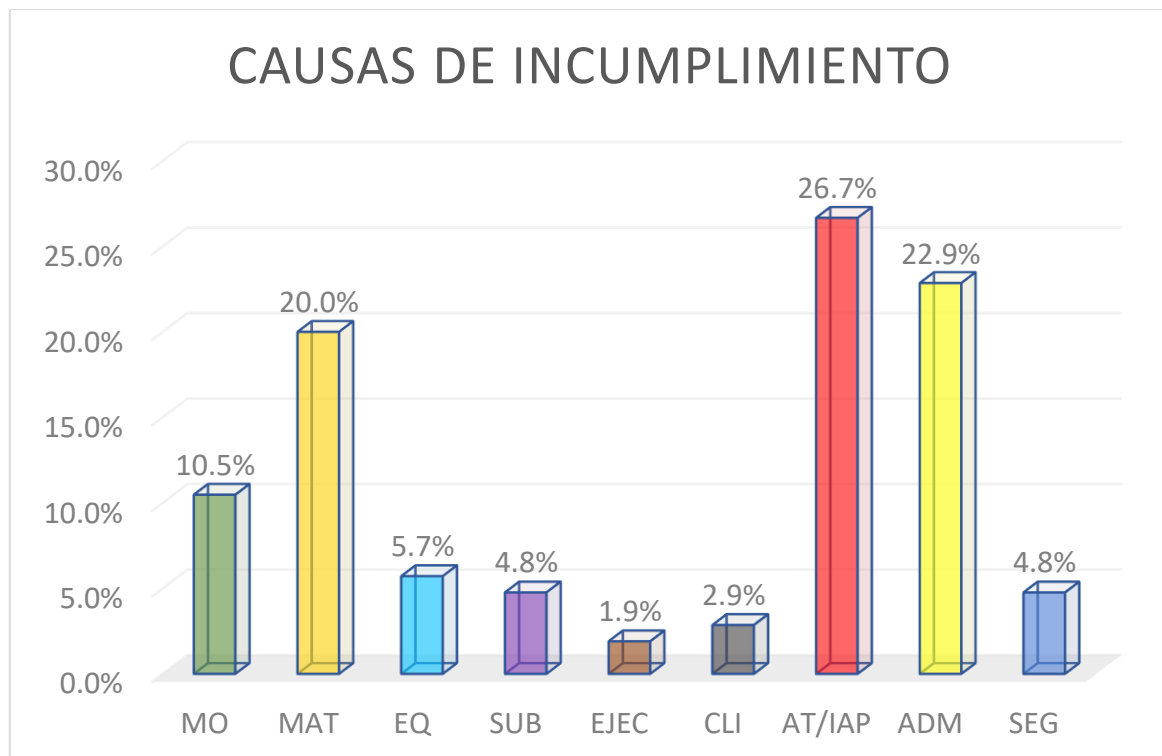
Causas de no cumplimiento

CALENDARIO				CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO											
MES	SEMANA	DE	HASTA	MO	MAT	EQ	SUB	EJEC	EXT	CLI	AT/IAP	ADM	SEG	OTROS	TOTAL CI
ABRIL	SEM 5	29/Abr/19	05/May/19	3	2	1	0	1	0	0	3	4	0	0	14
MAYO	SEM 6	06/May/19	12/May/19	1	3	0	1	1	0	0	1	4	1	0	12
MAYO	SEM 7	13/May/19	19/May/19	1	3	2	0	0	0	0	2	2	0	0	10
MAYO	SEM 8	20/May/19	26/May/19	1	1	0	1	0	0	1	3	3	2	0	12
MAYO	SEM 9	27/May/19	02/Jun/19	0	0	3	0	0	0	0	4	2	0	0	9
JUNIO	SEM 10	03/Jun/19	09/Jun/19	0	2	0	0	0	0	1	0	3	0	0	6
JUNIO	SEM 11	10/Jun/19	16/Jun/19	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	5
JUNIO	SEM 12	17/Jun/19	23/Jun/19	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7
JUNIO	SEM 13	24/Jun/19	30/Jun/19	1	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	9
JULIO	SEM 14	01/Jul/19	07/Jul/19	1	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	9
JULIO	SEM 15	08/Jul/19	14/Jul/19	0	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	7
JULIO	SEM 16	15/Jul/19	21/Jul/19	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5
C.N.C ACUMULADO				11	21	6	5	2	0	3	28	24	5	0	105

Fuente: Propia

Figura 72.

Porcentaje de las causas de no cumplimiento en el proyecto HARA.



Fuente: Propia

4.3.9.4) Porcentaje de actividades completadas (PAC)

Tabla 28.

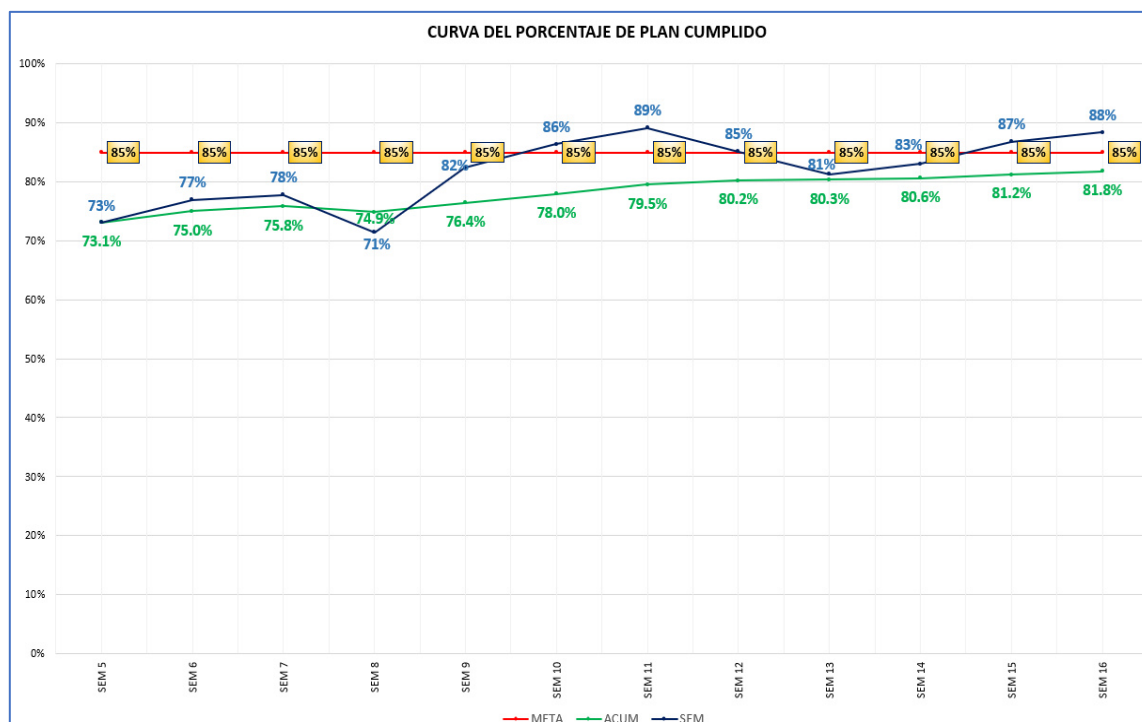
Confiabilidad en base al PPC o PAC

CALENDARIO		CONFIABILIDAD DE LA PROGRAMACIÓN				
MES	SEMANA	TAREAS EJEC.	TAREAS NO EJEC.	PPC		
		SEM	SEM	SEM	ACUM	META
ABRIL	SEM 5	38	14	73%	73.1%	85%
MAYO	SEM 6	40	12	77%	75.0%	85%
MAYO	SEM 7	35	10	78%	75.8%	85%
MAYO	SEM 8	30	12	71%	74.9%	85%
MAYO	SEM 9	42	9	82%	76.4%	85%
JUNIO	SEM 10	38	6	86%	78.0%	85%
JUNIO	SEM 11	41	5	89%	79.5%	85%
JUNIO	SEM 12	40	7	85%	80.2%	85%
JUNIO	SEM 13	39	9	81%	80.3%	85%
JULIO	SEM 14	44	9	83%	80.6%	85%
JULIO	SEM 15	46	7	87%	81.2%	85%
JULIO	SEM 16	38	5	88%	81.8%	85%

Fuente: Propia

Figura 73.

Curva del PPC o PAC



Fuente: Propia

A partir de la figura N° 60 mostrada, se observa que el PPC o PAC está teniendo un porcentaje bajo las primeras semanas de implementación de last planner siendo la semana más afectada la semana 8 de la investigación con un PPC semanal de 71% siendo la razón de este declive en el porcentaje el paro de actividades por parte de los mismos obreros por falta de pagos a inicios de la semana.

En base a lo observado en el PPC semanal, se observa que inicialmente se fue obteniendo un porcentaje por debajo del PPC meta de 85% debido a que recién se aplicaban los cambios mediante el balance de cuadrillas obtenidas por la carta balance así como también con el nuevo tren de actividades brindado por la nueva sectorización, asimismo por las reuniones semanales con todos los participantes en la producción, que son el residente, ingenieros encargados, maestro de obra, capataces y subcontratistas.

Se observa también que se va obteniendo mejores valores de PPC a partir de la semana 9 en adelante llegando a alcanzar el PPC meta de 85% demostrando que gracias al sistema last planner y cartas balance se va aumentando semanalmente los valores de PPC semanal y teniendo pocas variaciones que se deben más a pagos a los obreros y pase económico a los proveedores de materiales por parte de la empresa.

Para la última semana de investigación se observa un PPC acumulado de 81.8% que demuestra que la confiabilidad de la programación ha ido aumentando desde el inicio de la implementación del last planner y cartas balance, identificando correctamente las restricciones y realizando de manera adecuado el control en obra.

Se evidencia también que las razones más incidentes de incumplimiento están relacionadas a causas de administración (ADM) teniendo un porcentaje del 22.9% ya que las principales caídas en el PPC semanal se dan por paralización de actividades realizada por los

mismos obreros en la obra debido a la falta de pago por parte de la empresa llegando el pago a tardarse incluso un mes después de la semana a pagar.

Estos problemas económicos de la empresa conlleva a que se tenga que llegar a un acuerdo entre el personal de administración de la empresa en reunión todos los obreros y subcontratas después de la charla de obra, esto generando un tiempo perdido una o hasta dos horas, generando que las actividades del día no lleguen a culminarse o en su defecto se realice menos producción de lo estimado, que se evidencia en la falta de área de trabajo o incumplimiento de actividades predecesoras o (AT/IAP) 26.7%, haciendo que no se cumpla la mayoría de tareas para la semana afectando el porcentaje del “PPC”.

Asimismo, se evidencia del PPC que falta de materiales (MAT) tiene un porcentaje del 20% esto debido a la falta de pagos por parte de la empresa al proveedor, ya sea de concreto o acero, pero también la fecha indicada de llegada de materiales de parte del proveedor no llega a cumplirse por parte de este afectando la ejecución de tareas programadas para la semana.

De la evaluación del PPC obtenido, se deduce que las principales razones del incumplimiento tienen que ver con problemas económicos de la empresa. Estos problemas afectan los pagos semanales a los obreros y a los proveedores de materiales, lo que resulta en la falta de áreas de trabajo disponibles o en el incumplimiento de actividades predecesoras. Como consecuencia, las últimas actividades de la semana no pueden completarse en su mayoría.

4.3.10 Resultados obtenidos con la implementación del last planner y cartas balance

4.3.10.1 Mejora de la mano de obra mediante las cartas de balance:

La implementación de las cartas balance permitió equilibrar las cuadrillas de obreros y mejorar su productividad. A continuación, se muestra la mejora de la producción en las semanas posteriores de la investigación de las partidas que anteriormente presentaban los

niveles más bajos.

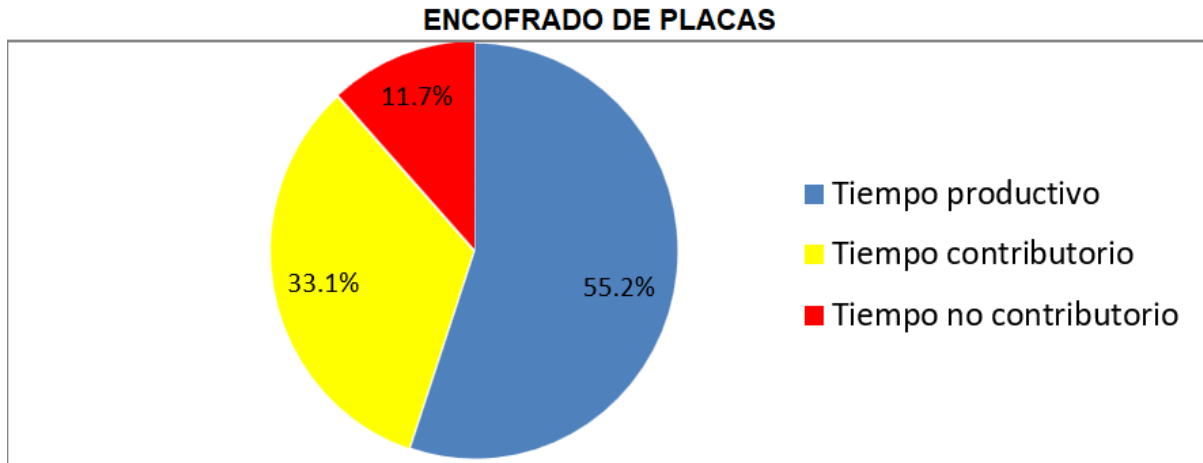
Optimización de Encofrado de placas:

En esta actividad se observó durante las primeras semanas de implementación del last planner y tras la primera carta balance, se observó que el rendimiento diario no era el esperado. Además, se detectó que un operario no cumplía adecuadamente con los tiempos productivos, lo que causaba retrasos y requería el apoyo de un ayudante.

Ante esta situación, se coordinó con el capataz para reducir la cuadrilla a tres obreros, ya que se observó que algunos operarios realizaban rápidamente los encofrados verticales. Se asignaron dos operarios y un ayudante para el encofrado de 44.7 m², ofreciéndoles la bonificación de finalizar su jornada laboral al completar esta actividad.

Figura 74.


Carta balance de la optimización en encofrado de placas



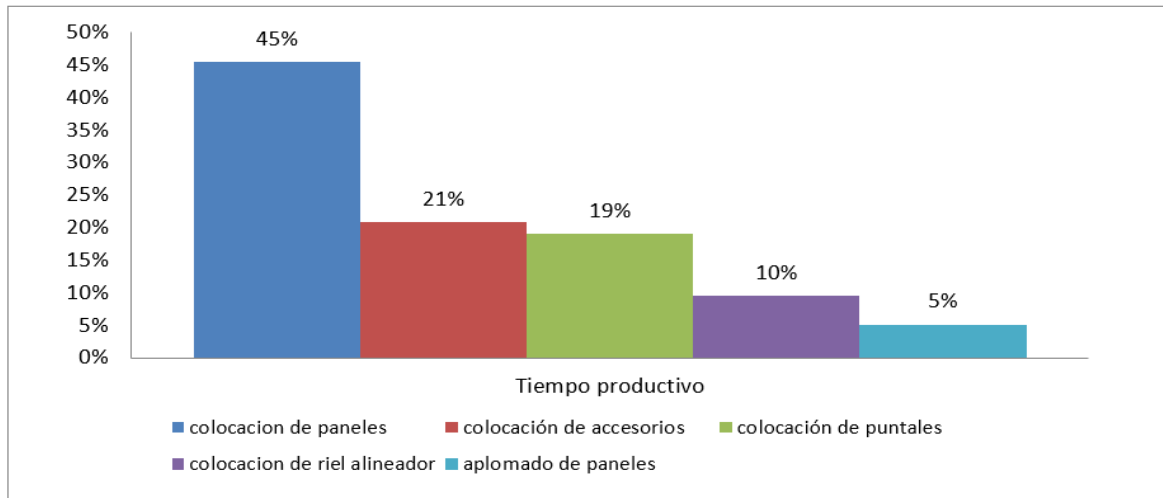
Fuente: Propia

Tabla 29.

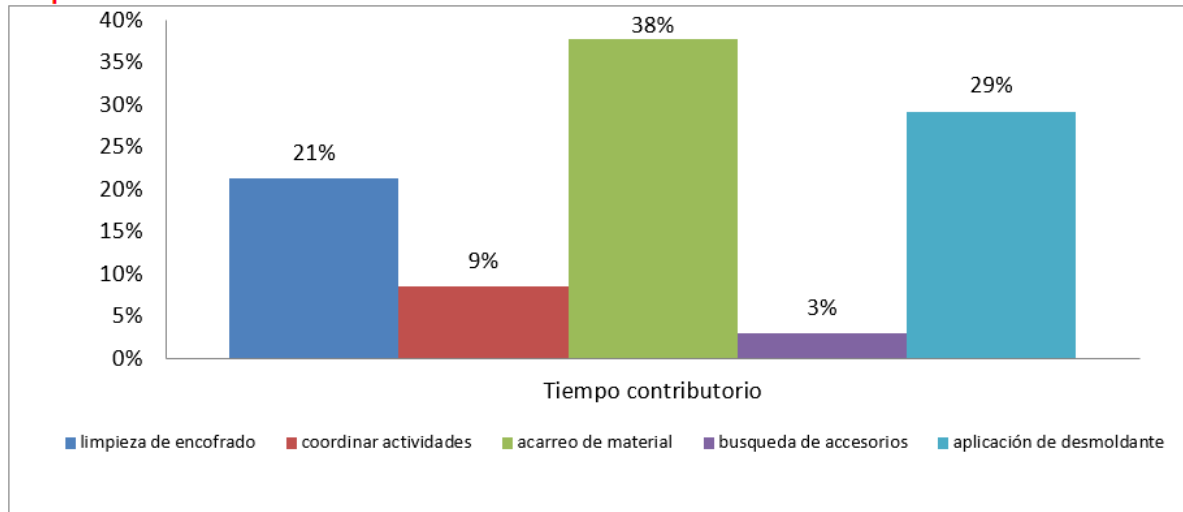
Carta de balance de encofrado de placa con productividad optimizada

					CARTA BALANCE (OPTIMIZACIÓN)		
Obra:	HARA			Hora de inicio:	09:30		
Fecha:	18/06/2019			Hora de termino:	17:00		
Actividad:	ENCOFRADO DE PLACAS						
Medicion	A	B	C	D			
1	C	C	C				
2	C	C	C				
3	C	C	C				
4	C	C	C				
5	AM	AM	AM				
6	AM	AM	AM				
7	AM	AM	AM				
8	AM	AM	AM				
9	AM	AM	AM				
10	AM	AM	AM				
11	AM	AM	AM				
12	AM	AM	AM				
13	AM	AM	AM				
14	LE	LE	AM				
15	E	E	E				
16	LE	LE	V				
17	C	C	AM				
18	LE	LE	LE				
19	LE	LE	LE				
20	LE	LE	LE				
21	LE	LE	LE				
22	LE	LE	AM				
23	LE	LE	AM				
24	LE	LE	V				
25	E	E	AM				
26	E	E	AM				
27	AD	AD	V				
28	AD	AD	V				
29	AD	AD	NB				
30	AD	AD	NB				
31	AD	AD	AD				
32	AD	AD	AD				
33	AD	AD	AD				
34	AD	CP	BA				
35	CP	CP	CP				
36	CP	CP	CP				
37	CP	CP	CP				
38	CP	CA	CP				
39	CP	CA	CP				
40	CP	CA	LE				
41	CA	CA	CP				
42	CA	CA	CP				
43	CP	LE	LE				
44	CP	CA	CP				
45	CP	CA	CP				
46	CP	CA	CR				
47	CP	CP	CA				
48	CP	CP	CA				
49	CP	CP	CA				
Trabajadores involucrados:					Categoria		
A:	AGUIRRE DAVALOS VICTOR			op			
B:	SAHUANAY GAMBOA, LUIS			op			
C:	GARCIA CHANCO, CARLOS AUGUSTO			ay			
D:							
E:							
F:							
G:							
H:							
Cod Trabajo Productivo							
1	CP	colocacion de paneles		124			
2	CA	colocación de accesorios		57			
3	PU	colocación de puntales		52			
4	CR	colocacion deriel alineador		26			
5	AP	aplomado de paneles		14			
6				0			
Total				273			
Cod Trabajo Contributorio							
7	LE	limpieza de encofrado		35			
8	C	coordinar actividades		14			
9	AM	acarreo de material		62			
10	BA	busqueda de accesorios		5			
11	AD	aplicación de desmoldante		48			
12				0			
Total				164			
Cod Trabajo No Contributorio							
13	R	retrabajo		2			
14	E	esperas		17			
15	O	ocio		13			
16	NB	necesidades biologicas		8			
17	V	Viajes innecesarios		18			
Total				58			

Fuente: Propia

Figura 75.*Tiempo productivo optimizado de encofrado de placas***Tiempo productivo**

Fuente: Propia

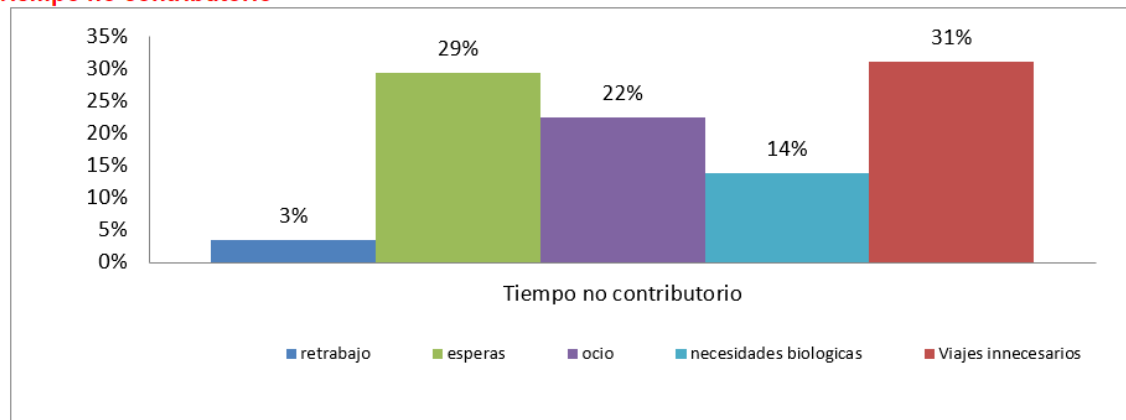
Figura 76.*Tiempo contributorio optimizado de encofrado de placas***Tiempo contributorio**

Fuente: Propia

Figura 77.

Tiempo no contributivo optimizado de encofrado de placas

Tiempo no contributivo



Fuente: Propia

Tabla 30.

“TP”, “TC” y “TNC” optimizado de cuadrilla de encofrado de placas

Trabajadores involucrados:		Categoría	TP	TC	TNC
A:	AGUIRRE DAVALOS VICTOR	op	63.4%	28.6%	8.1%
B:	SAHUANAY GAMBOA, LUIS	op	60.5%	29.3%	10.2%
C:	GARCIA CHANCO, CARLOS AUGUSTO	ay	46.3%	43.9%	9.8%

Interpretación de la optimización:

- Se observó que, debido a la reducción de obreros en la cuadrilla, el tiempo no contributivo disminuyó considerablemente en un 11.7%. Esto se debe a que, al haber menos personas, se requiere que cada obrero de la cuadrilla realice más tiempos productivos y contributivos para poder finalizar la actividad.
- Se observa que el tiempo contributivo es mayor en el ayudante, ya que debe asumir las tareas del ayudante faltante de la cuadrilla.
- Se observó que los tiempos productivos de los operarios aumentaron, ya que, para poder finalizar su jornada al completar la actividad, debían minimizar los tiempos no contributivos y compensar la ausencia de un ayudante.

- Se logró completar el encofrado de 44.7 m² de placa, finalizando a las 5 p.m., con una cuadrilla de solo tres obreros. Esto demuestra que, al balancear adecuadamente una cuadrilla e incentivar a los obreros con la posibilidad de terminar la jornada al finalizar la actividad, se pueden cumplir la actividad proyectada.

Optimización de Encofrado de vigas:

En esta actividad se observó durante las primeras semanas de investigación, luego de realizar la carta balance que el rendimiento diario era muy bajo debido al ‘armado de cimbra’ para la colocación de los laterales de viga ubicados en la fachada.

Se revisaron los análisis de precios unitarios para encontrar una solución al tiempo excesivo adicional que genera el armado de cimbra para los laterales de viga. Se encontro que la cimbra no está incluido en el APU.

Figura 78.

APU de encofrado de vigas

Partida	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN VIGAS						40.81
Rendimiento	m2/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	22.29	8.92	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.05	7.22	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	16.26	6.50	
							22.64
Materiales							
0201040001	PETROLEO D-2	gal		0.0600	9.50	0.57	
0215010002	botones y conos plásticos	m2		1.0000	0.55	0.55	
							1.12
Subcontratos							
0405040003	SC ENCOFRADO DE FONDO METALICO DE VIGAS, SISTEMA UNISPAN	m2		0.2500	10.00	2.50	
0405040004	SC ENCOFRADO DE LATERALES METALICO DE VIGAS, SISTEMA UNISPAN	m2		0.7500	9.00	6.75	
0405040005	SC ENCOFRADO DE APLOMES DE CONSTADOS DE VIGAS, SISTEMA UNISPAN	m		1.2000	4.00	4.80	
0405040013	SC ENCOFRADO DE SOPORTE METALICO DE VIGAS, SISTEMA UNISPAN, H<3.5M	m		0.6000	5.00	3.00	
							17.05

Fuente: Propia

Debido a esto se coordinó en oficina técnica que se deben usar escuadras con pernos de anclaje en lugar de las cimbras con las medidas de seguridad aceptadas por SSOMA y supervisión. Opción que fue aceptada en su totalidad y se pudo reducir el excesivo tiempo contributorio debido al uso de la cimbra.

Figura 79.

Colocación de laterales de viga sobre escuadras

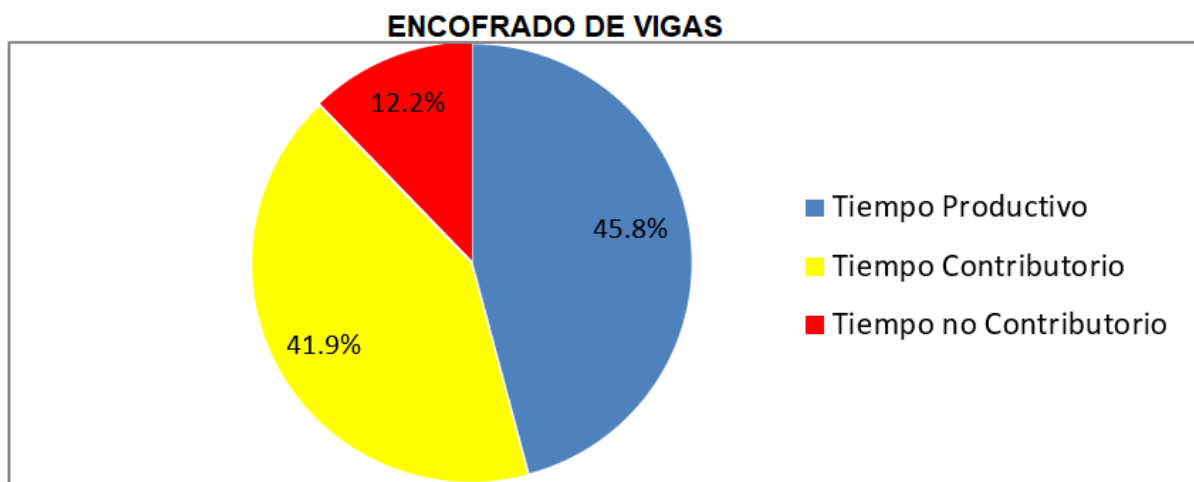


Fuente: Propia

Se realizó la carta balance nuevamente para ver la mejora en los tiempos en 9m² de encofrado de viga.

Figura 80.

Carta balance de la optimización en encofrado de vigas



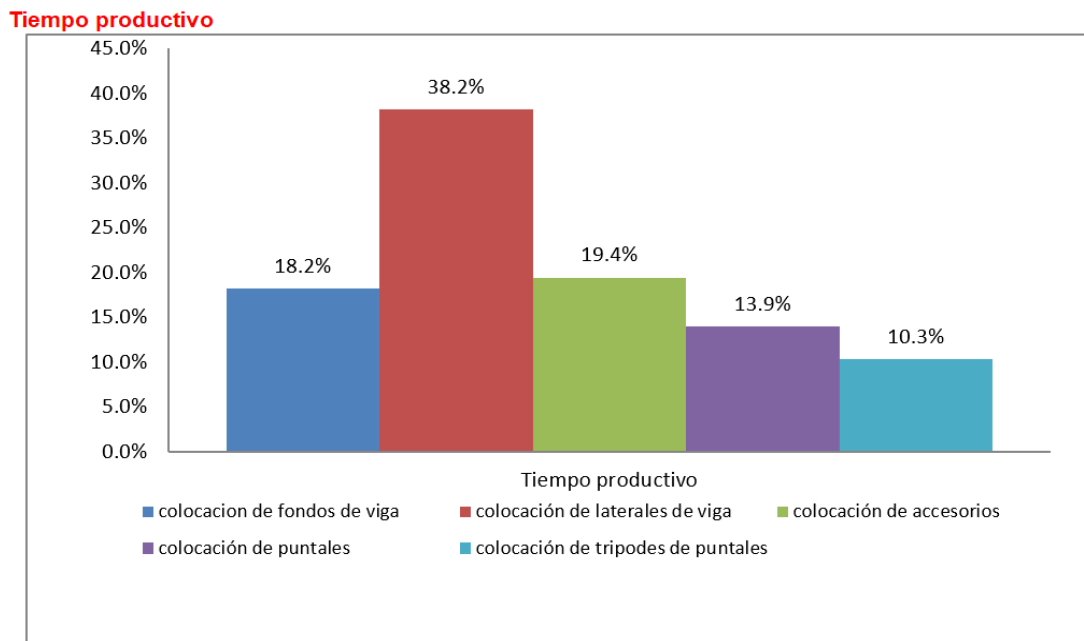
Fuente: Propia

Tabla 31.

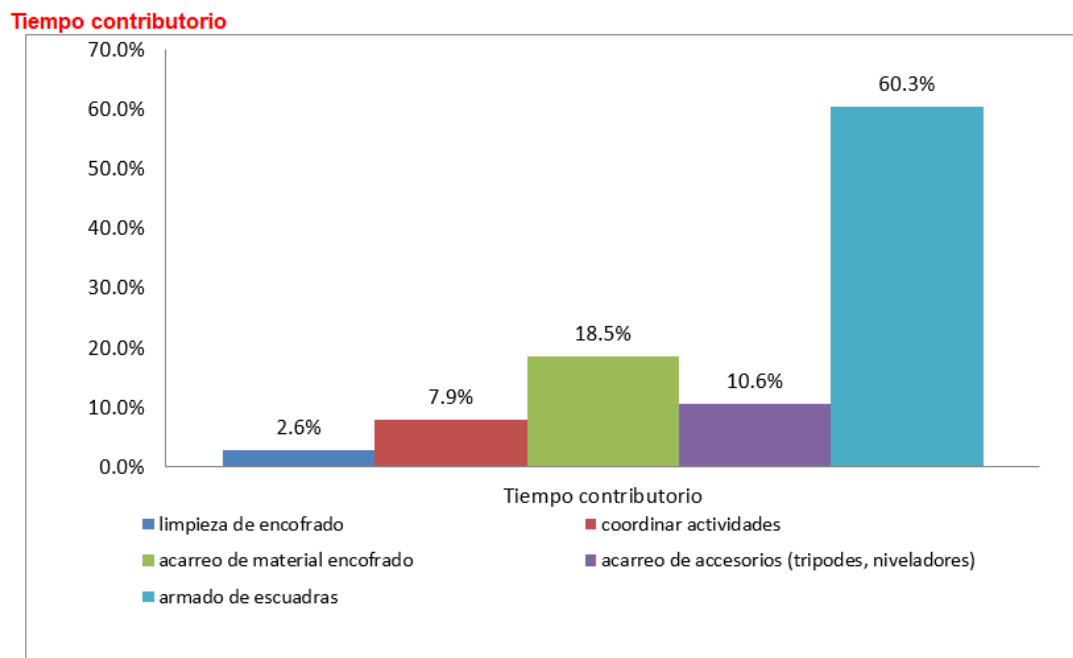
Carta de balance de encofrado de viga con productividad optimizada

OJE		CARTA BALANCE (OPTIMIZACIÓN)			
Obra:	HARA			Hora de inicio:	09:00
Fecha:	11/06/2019			Hora de termino:	13:00
Activi:	ENCOFRADO DE VIGAS				
Medicio	A	B	C	D	obs.
1	C	C	C	C	
2	C	C	C	C	
3	C	C	C	C	
4	AM	AM	AE	AE	
5	AM	AM	AE	AE	
6	AM	AM	AE	AE	
7	AM	AM	AE	AE	
8	AM	AM	V	AE	
9	AM	AA	AE	AE	
10	AM	AA	AE	AE	
11	AM	AA	AE	AE	
12	AM	AA	AE	AE	
13	AM	AA	AE	AE	
14	AM	AM	AE	AE	
15	LE	O	AE	AE	
16	LE	LE	AE	AE	
17	TP	TP	AE	NB	
18	TP	TP	E	NB	
19	TP	TP	AE	AE	
20	TP	TP	AE	AE	
21	CP	TP	AE	AE	
22	CP	CP	AE	AE	
23	V	CP	AE	AE	
24	CP	CP	AE	AE	
25	CP	CP	AE	AE	
26	FV	FV	AE	AE	
27	FV	FV	AE	AE	
28	FV	FV	R	R	
29	FV	V	R	R	
30	FV	FV	AE	AE	
31	CA	CA	AE	AE	
32	CA	CA	AE	AE	
33	AA	CA	AE	AE	
34	AA	AA	O	O	
35	AM	AA	AE	AE	
36	AM	AA	AE	AE	
37	TP	AM	E	NB	
38	TP	CP	E	NB	
39	CP	CP	AE	AE	
40	NB	CP	AE	AE	
41	FV	FV	AE	AE	
42	FV	FV	AE	V	
43	FV	FV	AE	AE	
44	FV	FV	AE	AE	
45	CA	CA	AE	AE	
46	CA	CA	AE	AE	
47	AM	AM	AE	E	
48	AM	AM	AE	AE	
49	AM	AM	AE	AE	
50	E	AM	E	AE	
51	E	E	AE	AE	
Trabajadores involucrados:					
A:	BARRIENTOS CCOYLLO, JULIO ELEODORO				op
B:	FLORES VILCA, YRVIN SALVADOR				ay
C:	CONCO BENITO, JUAN JAVIER				op
D:	PINTADO CALLE, DEYVER				ay
E:					
F:					
G:					
H:					
Cod Trabajo Productivo					
1	FV	colocacion de fondos de viga			29
2	LV	colocación de laterales de viga			57
3	CA	colocación de accesorios			32
4	CP	colocación de puntales			22
5	TP	colocación de tripodes de			18
6					0
		Total			158
Cod Trabajo Contributorio					
7	LE	limpieza de encofrado			5
8	C	coordinar actividades			12
9	AM	acarreo de material encofrado			31
10	AA	acarreo de accesorios (tripodes, niveladores)			22
11	AE	armado de escuadras			96
12					
		Total			166
Cod Trabajo No Contributorio					
13	R	retrabajo			6
14	E	esperas			12
15	O	ocio			7
16	NB	necesidades biologicas			7
17	V	Viajes innecesarios			4
		Total			36

Fuente: Propia

Figura 81.*Tiempo productivo optimizado de encofrado de vigas*

Fuente: Propia

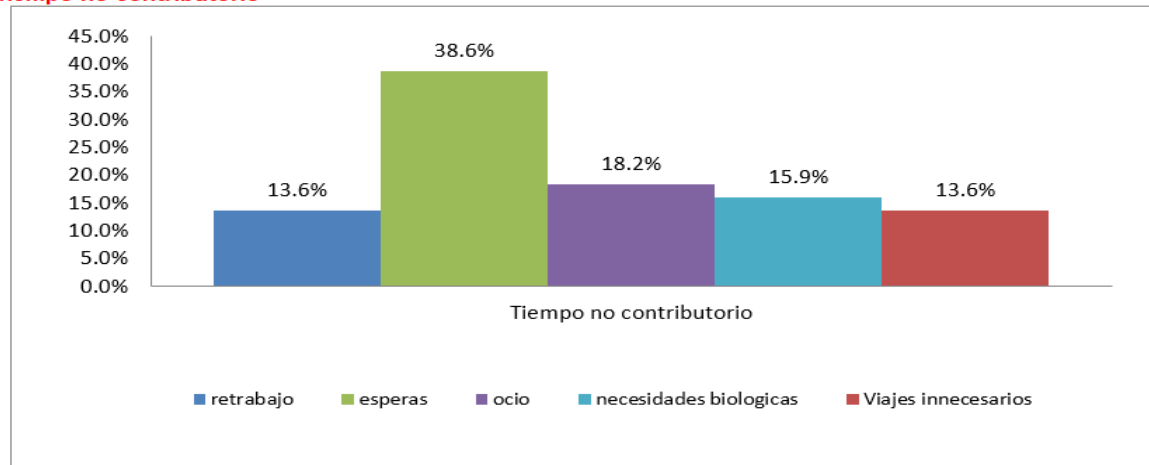
Figura 82.*Tiempo contributorio optimizado de encofrado de vigas*

Fuente: Propia

Figura 83.

Tiempo no contributivo optimizado de encofrado de vigas

Tiempo no contributivo



Fuente: Propia

Tabla 32.

TP, TC y TNC optimizado de cuadrilla de encofrado de vigas

Trabajadores involucrados:	Categoría	TP	TC	TNC
A: BARRIENTOS CCOYLLO, JULIO ELEODORO	op	66%	21%	12%
B: FLORES VILCA, YRVIN SALVADOR	ay	68%	26%	6%
C: CONCO BENITO, JUAN JAVIER	op	0%	82%	18%
D: PINTADO CALLE, DEYVER	ay	0%	80%	20%

Fuente: Propia

Interpretación de la optimización:

- Se observó que el uso de escuadras para colocar los encofrados laterales de viga en voladizo redujo considerablemente el tiempo contributivo de la partida, mejorando así el tiempo productivo. Esto se debe a que el operario 'C' y ayudante 'D' requieren aproximadamente la mitad del tiempo que se necesitaba para colocar la cimbra.
- Se observa que el tiempo no contributivo se redujo a 12.2% siendo la 'ESPERA' es el sub proceso que tiene la mayor incidencia del trabajo no contributivo.
- Se observó que el ayudante 'B' mejoro su tiempo productivo al compartir con el operario 'A' los trabajos de acarreo de material de encofrado.

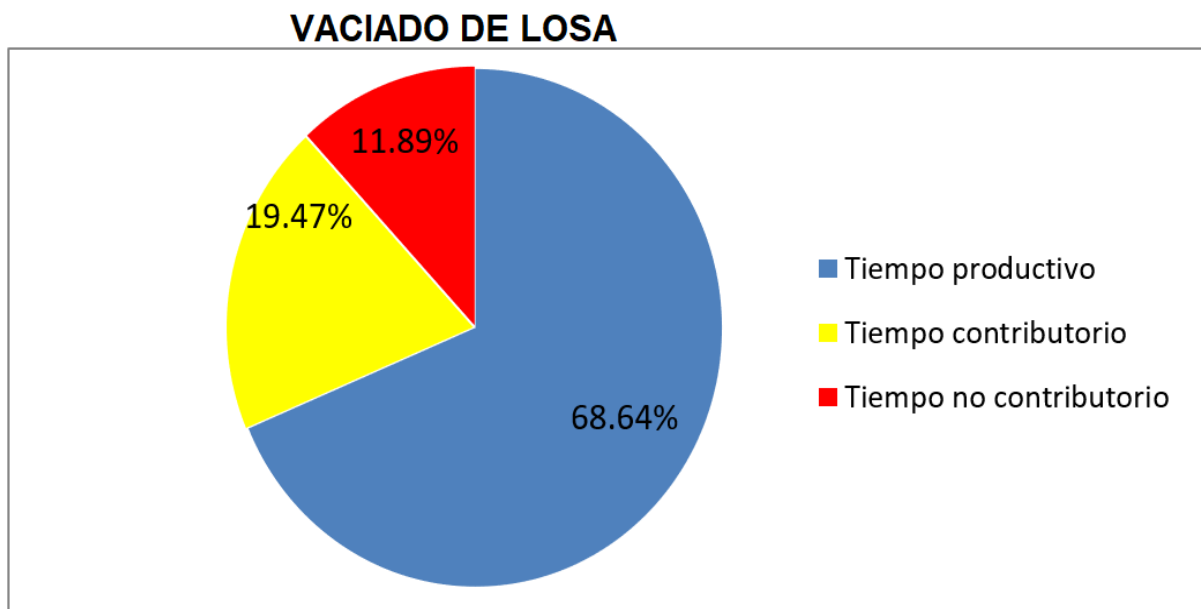
Optimización de Vaciado de losas:

En esta actividad, se observó durante las primeras semanas de investigación que el rendimiento semanal no era el esperado debido a las demoras en la llegada del mixer de concreto proporcionado por la empresa UNICON. Esto generaba tiempo no contributivo, ya que el personal estaba listo con sus EPP's y la losa liberada para recibir el concreto.

Para solucionar este problema, se decidió contratar los servicios de concreto premezclado de la empresa MIXERCON, disminuyendo las esperas. Los resultados fueron mejores con respecto a los tiempos productivos y contributivos, así como también los tiempos de espera se limitaron a la instalación del montante por donde ingresaría el concreto hasta los pisos superiores del edificio. Se realizó la medición con una cuadrilla de 4 operarios con 2 peones en un total de 39.92m².

Figura 84.

Carta balance de la optimización en encofrado de placas



Fuente: Propia

Tabla 33.

Carta de balance de vaciado de losas con productividad optimizada

IJE		CARTA BALANCE					
Obra: HARA		Hora de inicio: 13:00					
Fecha: 12/07/2019		Hora de termino: 17:00					
Activid: VACIADO DE LOSA							
Medicio	A	B	C	D	E	F	obs.
1	C	C	C	C	C	C	
2	C	C	C	C	C	C	
3	AM	AM	AM	AM	AM	AM	
4	AM	AM	AM	AM	AM	AM	
5	AM	AM	AM	AM	AM	AM	
6	AM	AM	AM	AM	AM	AM	
7	AM	AM	AM	AM	AM	AM	
8	CP	CP	CP	LL	LL	LL	
9	CP	CP	CP	LL	LL	LL	
10	CP	CP	CP	LL	LL	LL	
11	CP	CP	CP	LL	LL	LL	
17	RL	CP	RL	AM	AM	AM	
18	RL	CP	RL	LL	AM	AM	
19	RL	CP	RL	LL	LH	LH	
20	RL	CP	RL	LL	LH	LH	
21	RL	CP	RL	LL	LH	LL	
22	RL	CP	RL	S	LH	LL	
23	RL	CP	RL	LL	LL	LL	
24	O	CP	RL	LL	LL	S	
25	O	S	RL	S	LL	S	
26	EM	EM	EM	EM	EM	EM	
27	EM	EM	EM	EM	EM	EM	
23	VC	E	LC	LC	CP	LC	
24	VC	LC	LC	LC	LC	LC	
25	VC	LC	LC	LC	LC	LC	
26	VC	LC	LC	LC	LC	LC	
27	VC	LC	LC	LC	LC	LC	
28	VC	LC	LC	E	LC	LC	
29	VC	LC	LC	AM	VI	LC	
30	VC	LC	LC	LC	VI	LC	
31	E	LC	LC	LC	VI	LC	
32	VC	LC	LC	LC	VI	LC	
33	VC	LC	E	E	VI	LC	
34	VC	LC	E	AM	VI	LC	
35	LC	LC	E	AM	VI	LC	
36	LC	CP	LC	RC	VI	LC	
37	LC	LC	LC	RC	S	LC	
38	AM	LC	LC	RC	S	LC	
39	AM	LC	LC	RC	VI	LC	
40	VC	LC	LC	RC	AM	LC	
41	VC	LC	LC	RC	LC	LC	
42	VC	LC	LC	CP	LC	E	
43	VC	LC	LC	RC	E	LC	
44	VC	LC	LC	RC	LC	LC	
45	VC	LC	LC	RC	AM	AM	
46	VC	LC	LC	RC	AM	CP	
47	VC	LC	LC	RC	CP	LC	
48	VC	LC	LC	RC	S	LC	
49	VC	RC	RC	RC	VI	LC	
50	RC	RC	RC	E	VI	LC	
51	RC	RC	RC	E	VI	LC	
52	RC	RC	RC	RC	VI	LC	
53	S	RC	RC	RC	VI	S	
54	RC	RC	RC	RC	VI	S	
55	RC	RC	RC	RC	LC	AM	
56	RC	RC	RC	RC	LC	AM	

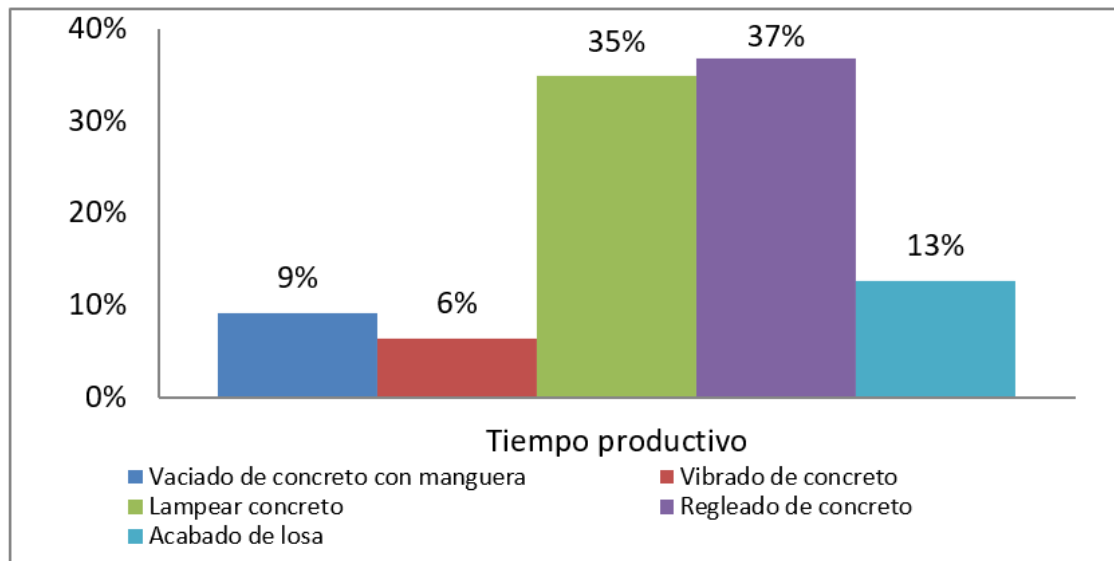
Trabajadores involucrados:			Categoria
A:	BUSTINZA HUILLCA, MANUEL		op
B:	CONDORI PALOMINO HUBER		op
C:	LLAULLIPOMA JAVIER RICHARD ROBERTO		op
D:	MARICHI PISCO, JOSE		op
E:	HUAMAN TOCTO, ROGER		ay
F:	HIGASHI MORINAKA, JULIO		ay
G:			
H:			

Cod	Trabajo Productivo		
1	VC	Vaciado de concreto con manguera	83
2	VI	Vibrado de concreto	58
3	LC	Lamprear concreto	316
4	RC	Regleado de concreto	334
5	AL	Acabado de losa	115
6			0
Total			906

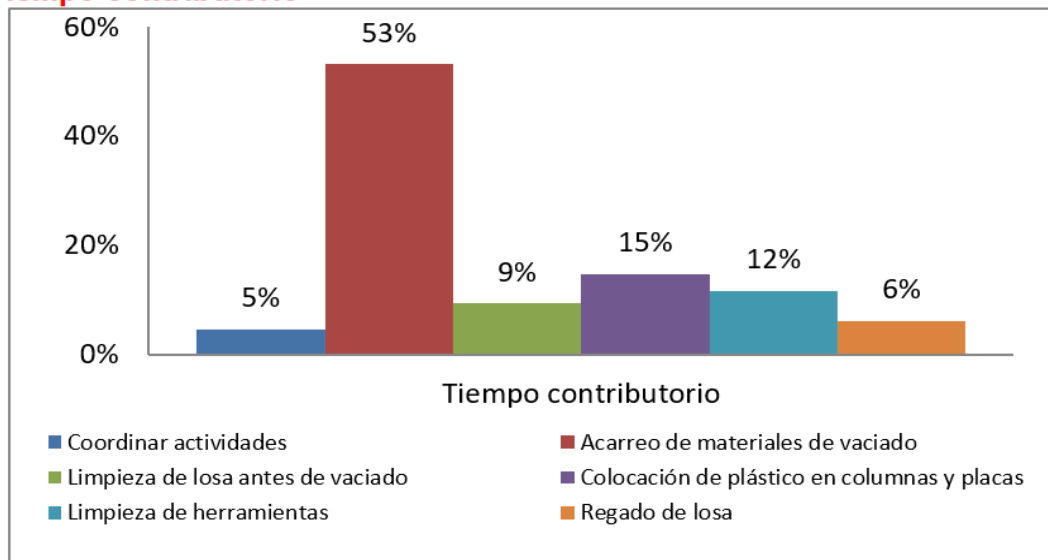
Cod	Trabajo Contributorio		
7	C	Coordinar actividades	12
8	AM	Acarreo de materiales de vaciado	137
9	LL	Limpieza de losa antes de vaciado	24
10	CP	Colocación de plástico en columnas y placas	38
11	LH	Limpieza de herramientas	30
12	RL	Regado de losa	16
Total			257

Cod	Trabajo No Contributorio		
13	E	Esperas	28
14	EM	Esperas debido a personal MIXERCON	17
15	O	Tiempo de ocio	61
16	S	Simulación de trabajo	44
17	NB	Necesidades Biológicas	7
Total			157

Fuente: Propia

Figura 86.*Tiempo productivo optimizado de vaciado de losas***Tiempo productivo**

Fuente: Propia

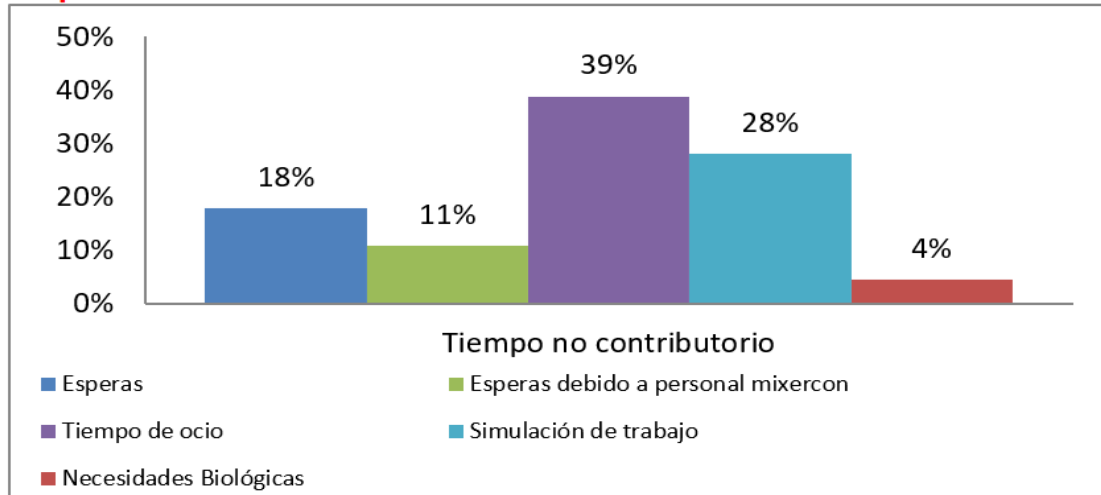
Figura 85.*Tiempo contributorio optimizado de vaciado de losas***Tiempo contributorio**

Fuente: Propia

Figura 87.

Tiempo no contributivo optimizado de vaciado de losas

Tiempo no contributivo



Fuente: Propia

Tabla 34.

“TP”, “TC” y “TNC” optimizado de cuadrilla de encofrado de vigas

Trabajadores involucrados:		Categoría	TP	TC	TNC
A:	BUSTINZA HUILLCA, MANUEL	op	69.58%	17.50%	12.92%
B:	CONDORI PALOMINO HUBER	op	76.25%	17.08%	6.67%
C:	LLAULLIPOMA JAVIER RICHARD ROBERTO	op	72.08%	16.25%	11.67%
D:	MARICHI PISCO, JOSE	op	72.50%	17.08%	10.42%
E:	HUAMAN TOCTO, ROGER	ay	57.06%	27.12%	15.82%
F:	HIGASHI MORINAKA, JULIO	ay	61.36%	26.14%	12.50%

Fuente: Propia

Interpretación de la optimización:

- Se observó que el tiempo productivo de toda la cuadrilla supera el 60% a excepción del ayudante ‘E’ ya que es el que usa la vibradora de concreto y posee más tiempo contributivo y no contributivo que el resto.
- Se observa que el tiempo contributivo en los ayudantes es parecido debido a que estos apoyan con colocar plástico para cubrir el acero de los elementos como columnas o placas que se encuentran cerca al vaciado de losa, así como también realizan la limpieza

de losa previo al vaciado y acarrear los materiales como la manguera para el vaciado, vibradora de concreto, reglas, etc.

- Se observó que el operario 'B' tiene el mayor tiempo productivo y el menor tiempo no contributivo, esto se debe a que este obrero evita las simulaciones de trabajo o tiempos de ocio y está enfocado netamente en cumplir con el vaciado de trabajo a cabalidad, además de saber que está siendo observado.

4.3.10.2 Optimización del rendimiento después de la implementación del last planner:

Se elaboraron cuadros de productividad que muestran los rendimientos del personal obrero en cada partida (acero, encofrado y concreto) y su evolución durante el período de implementación del last planner y las Cartas Balance.

Además, se procedió a comparar los rendimientos reales con los rendimientos indicados en revistas especializadas y con los especificados en el expediente del proyecto HARA.

Tabla 35.

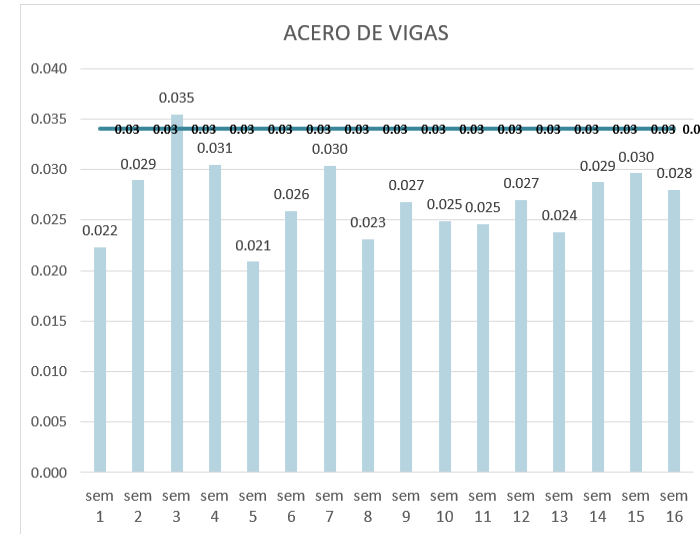
Cuadro de rendimiento de M.O acero de vigas

ACERO VIGAS	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	0.03	321.00	14388.70	0.022
sem 2	0.03	239.50	8279.60	0.029
sem 3	0.03	202.00	5701.30	0.035
sem 4	0.03	243.00	7967.20	0.031
sem 5	0.03	118.50	5681.00	0.021
sem 6	0.03	366.00	14146.20	0.026
sem 7	0.03	211.00	6943.13	0.030
sem 8	0.03	253.50	10960.26	0.023
sem 9	0.03	254.50	9515.95	0.027
sem 10	0.03	244.50	9828.70	0.025
sem 11	0.03	322.50	13112.70	0.025
sem 12	0.03	261.50	9677.32	0.027
sem 13	0.03	181.00	7600.45	0.024
sem 14	0.03	222.50	7747.49	0.029
sem 15	0.03	260.00	8776.55	0.030
sem 16	0.03	245.50	8776.55	0.028

Fuente: Propia

Figura 88.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de vigas



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.028 < 0.050 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.028 < 0.034 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

Tabla 36.

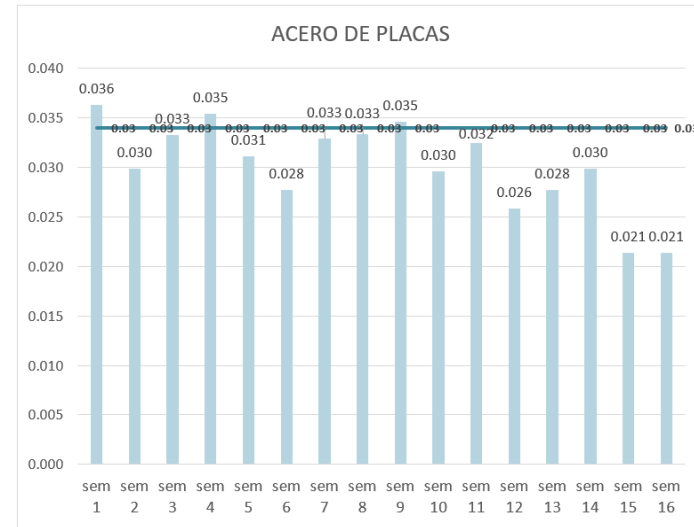
Cuadro de rendimiento de M.O acero de placas

ACERO PLACAS	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	0.03	310.00	8543.00	0.036
sem 2	0.03	228.00	7630.00	0.030
sem 3	0.03	70.00	2104.30	0.033
sem 4	0.03	211.00	5956.20	0.035
sem 5	0.03	126.00	4051.00	0.031
sem 6	0.03	126.00	4544.10	0.028
sem 7	0.03	104.00	3164.17	0.033
sem 8	0.03	150.50	4515.85	0.033
sem 9	0.03	125.00	3615.74	0.035
sem 10	0.03	153.00	5172.39	0.030
sem 11	0.03	116.50	3589.02	0.032
sem 12	0.03	116.50	4502.31	0.026
sem 13	0.03	126.00	4544.10	0.028
sem 14	0.03	92.00	3079.76	0.030
sem 15	0.03	69.00	3227.36	0.021
sem 16	0.03	69.00	3227.36	0.021

Fuente: Propia

Figura 89.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de placas



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

0.021 < 0.050 ✓ OK

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

0.021 < 0.034 ✓ OK

Tabla 37.

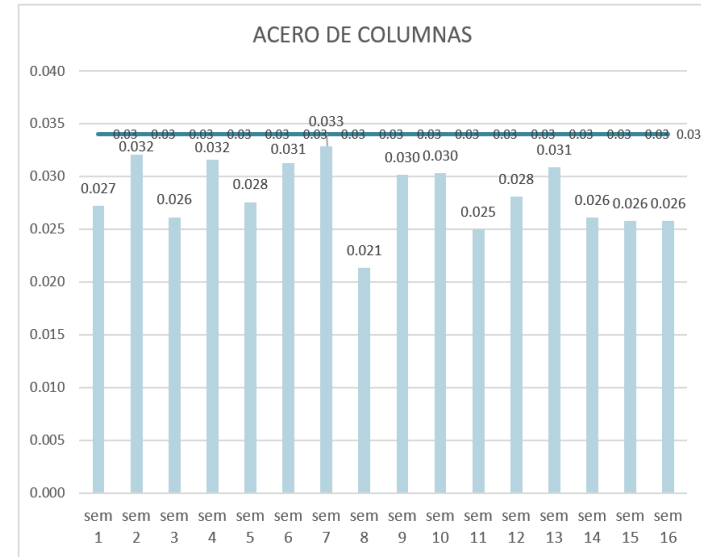
Cuadro de rendimiento de M.O acero de columnas

ACERO COLUMNAS	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	0.03	150.50	5531.00	0.027
sem 2	0.03	181.00	5641.00	0.032
sem 3	0.03	42.00	1605.60	0.026
sem 4	0.03	153.00	4835.80	0.032
sem 5	0.03	117.50	4260.37	0.028
sem 6	0.03	135.50	4327.00	0.031
sem 7	0.03	131.50	4001.34	0.033
sem 8	0.03	98.00	4586.74	0.021
sem 9	0.03	137.00	4546.41	0.030
sem 10	0.03	136.00	4488.94	0.030
sem 11	0.03	125.00	4996.65	0.025
sem 12	0.03	118.00	4198.20	0.028
sem 13	0.03	126.50	4100.00	0.031
sem 14	0.03	95.00	3637.68	0.026
sem 15	0.03	68.00	2637.24	0.026
sem 16	0.03	68.00	2637.24	0.026

Fuente: Propia

Figura 90.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de columnas



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.026 < 0.050 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.026 < 0.034 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

Tabla 38.

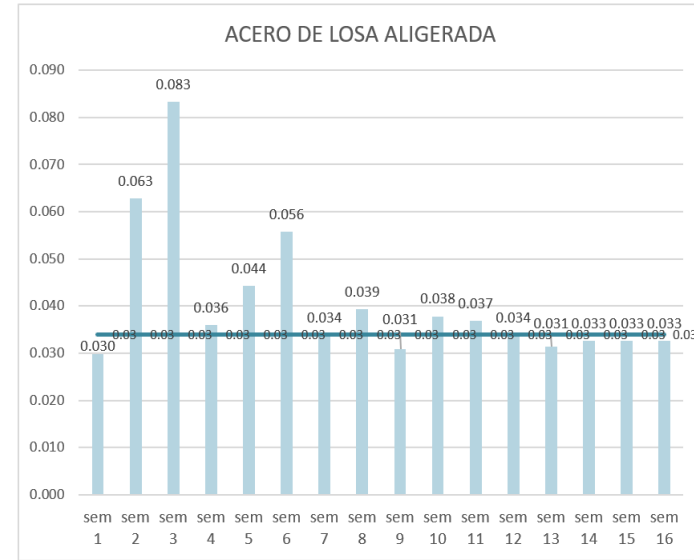
Cuadro de rendimiento de M.O acero de aligerado

ACERO ALIGERADA	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	0.03	28.50	956.10	0.030
sem 2	0.03	72.50	1154.00	0.063
sem 3	0.03	16.50	198.00	0.083
sem 4	0.03	51.00	1415.60	0.036
sem 5	0.03	39.50	892.40	0.044
sem 6	0.03	88.50	1588.20	0.056
sem 7	0.03	55.50	1639.20	0.034
sem 8	0.03	64.50	1639.20	0.039
sem 9	0.03	50.50	1639.20	0.031
sem 10	0.03	62.00	1639.20	0.038
sem 11	0.03	60.50	1639.20	0.037
sem 12	0.03	55.50	1639.20	0.034
sem 13	0.03	51.50	1639.20	0.031
sem 14	0.03	25.00	765.10	0.033
sem 15	0.03	21.50	659.09	0.033
sem 16	0.03	21.50	659.09	0.033

Fuente: Propia

Figura 91.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de aligerado



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

0.033 < 0.050 ✓ OK

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

0.033 < 0.034 ✓ OK

Tabla 39.

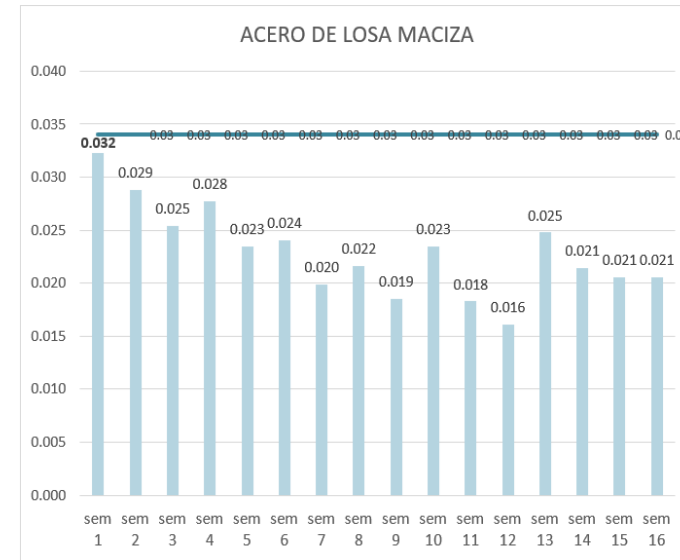
Cuadro de rendimiento de M.O acero de losa maciza

ACERO LOSA MACIZA	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	0.03	140.50	4352.90	0.032
sem 2	0.03	111.00	3856.40	0.029
sem 3	0.03	84.00	3309.50	0.025
sem 4	0.03	68.50	2471.00	0.028
sem 5	0.03	56.50	2409.50	0.023
sem 6	0.03	94.00	3913.10	0.024
sem 7	0.03	76.50	3856.40	0.020
sem 8	0.03	83.50	3856.40	0.022
sem 9	0.03	71.50	3856.40	0.019
sem 10	0.03	90.50	3856.40	0.023
sem 11	0.03	70.50	3856.40	0.018
sem 12	0.03	62.00	3856.40	0.016
sem 13	0.03	95.50	3856.40	0.025
sem 14	0.03	130.50	6100.00	0.021
sem 15	0.03	128.50	6256.00	0.021
sem 16	0.03	128.50	6256.00	0.021

Fuente: Propia

Figura 92.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O acero de losa maciza



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.021 < 0.050 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.021 < 0.034 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

Tabla 40.

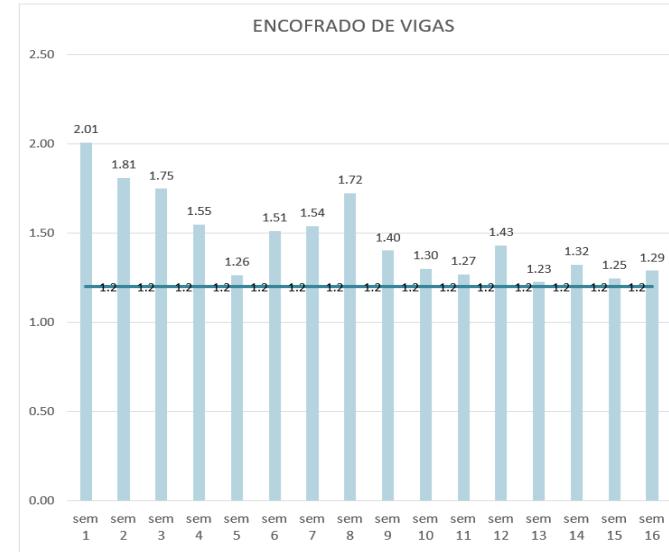
Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de viga

ENCOFRADO VIGAS	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 14	1.2	636.50	316.70	2.01
sem 15	1.2	625.50	345.49	1.81
sem 16	1.2	617.00	352.80	1.75
sem 17	1.2	469.50	303.11	1.55
sem 18	1.2	235.50	186.20	1.26
sem 19	1.2	559.50	370.31	1.51
sem 20	1.2	547.50	356.03	1.54
sem 21	1.2	568.00	329.62	1.72
sem 22	1.2	391.00	279.05	1.40
sem 23	1.2	294.50	226.64	1.30
sem 24	1.2	296.00	233.20	1.27
sem 25	1.2	588.00	411.41	1.43
sem 26	1.2	442.50	361.06	1.23
sem 27	1.2	469.50	354.79	1.32
sem 28	1.2	337.50	270.49	1.25
sem 29	1.2	438.50	340.30	1.29

Fuente: Propia

Figura 93.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de viga



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$1.29 < 1.78$ ✓ OK

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$1.29 > 1.20$ ✗ SUPERA LAS H.H/M2 DEL EXPEDIENTE TÉCNICO

Tabla 41.

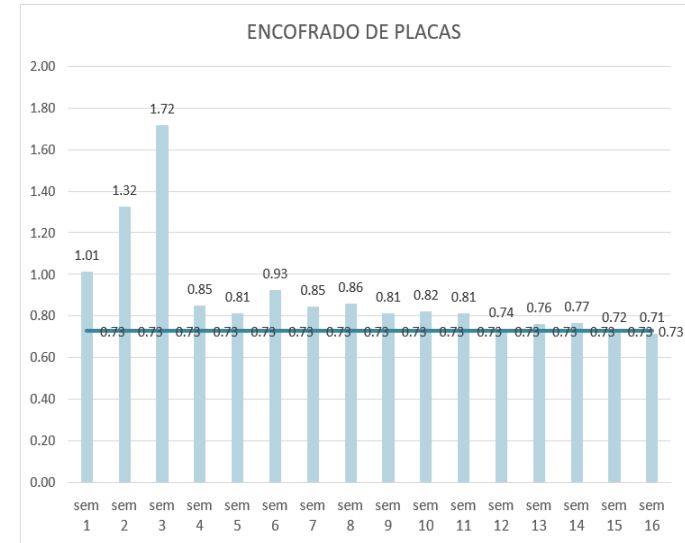
Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de placas

ENCOFRADO PLACAS	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	0.73	346.20	341.10	1.01
sem 2	0.73	260.20	196.50	1.32
sem 3	0.73	127.90	74.50	1.72
sem 4	0.73	228.25	268.80	0.85
sem 5	0.73	218.40	268.80	0.81
sem 6	0.73	180.00	194.40	0.93
sem 7	0.73	227.90	268.80	0.85
sem 8	0.73	230.70	268.80	0.86
sem 9	0.73	218.85	268.80	0.81
sem 10	0.73	210.50	255.78	0.82
sem 11	0.73	208.30	255.78	0.81
sem 12	0.73	188.95	255.90	0.74
sem 13	0.73	173.75	228.30	0.76
sem 14	0.73	161.75	211.10	0.77
sem 15	0.73	148.10	206.40	0.72
sem 16	0.73	169.80	237.81	0.71

Fuente: Propia

Figura 94.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de placas



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.71 < 1.68 \quad \checkmark \text{ OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.71 < 0.73 \quad \checkmark \text{ OK}$$

Tabla 42.

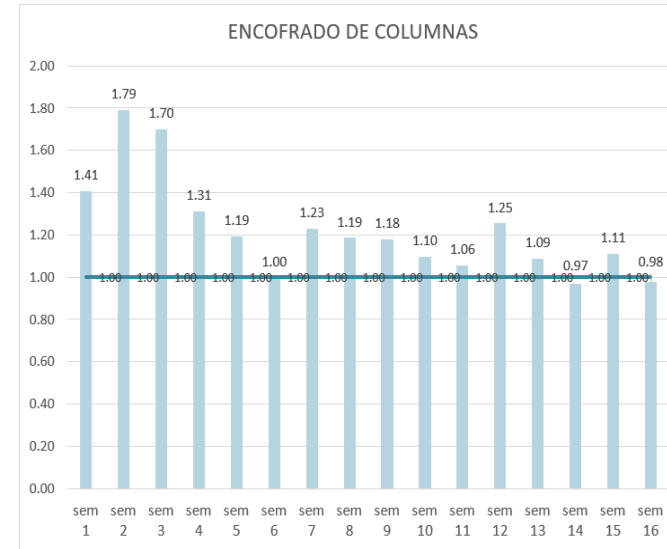
Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de columnas

ENCOFRADO COLUMNAS	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	1.00	245.55	174.40	1.41
sem 2	1.00	234.60	131.00	1.79
sem 3	1.00	64.60	38.00	1.70
sem 4	1.00	182.15	139.10	1.31
sem 5	1.00	166.10	139.10	1.19
sem 6	1.00	101.00	101.30	1.00
sem 7	1.00	125.60	102.10	1.23
sem 8	1.00	204.80	172.70	1.19
sem 9	1.00	141.15	119.70	1.18
sem 10	1.00	184.00	167.90	1.10
sem 11	1.00	210.70	199.30	1.06
sem 12	1.00	127.05	101.30	1.25
sem 13	1.00	115.25	105.90	1.09
sem 14	1.00	184.75	190.60	0.97
sem 15	1.00	111.90	100.80	1.11
sem 16	1.00	74.20	75.80	0.98

Fuente: Propia

Figura 95.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de columnas



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.98 < 1.60 \quad \checkmark \text{ OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.98 < 1.00 \quad \checkmark \text{ OK}$$

Tabla 43.

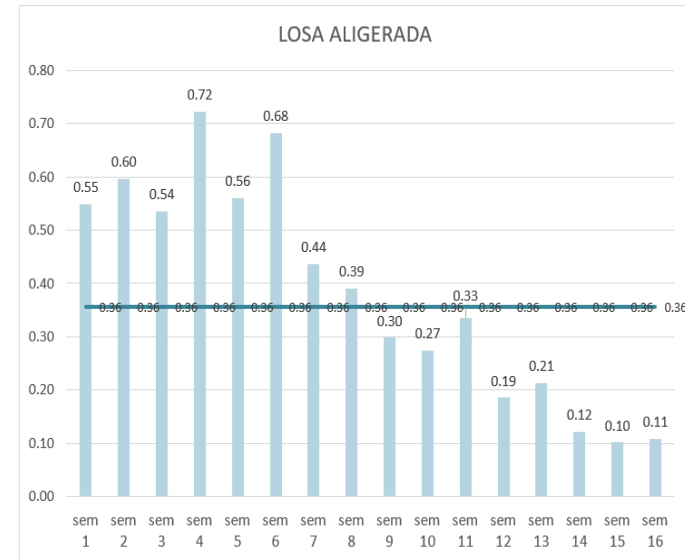
Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de aligerado

ENCOFRADO ALIGERADA	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	0.36	183.05	333.27	0.55
sem 2	0.36	199.00	333.27	0.60
sem 3	0.36	209.30	390.87	0.54
sem 4	0.36	250.80	346.96	0.72
sem 5	0.36	179.90	321.12	0.56
sem 6	0.36	182.90	268.40	0.68
sem 7	0.36	70.60	162.02	0.44
sem 8	0.36	74.50	190.75	0.39
sem 9	0.36	58.90	197.70	0.30
sem 10	0.36	53.25	194.60	0.27
sem 11	0.36	36.50	109.06	0.33
sem 12	0.36	56.00	301.80	0.19
sem 13	0.36	42.70	200.80	0.21
sem 14	0.36	33.10	271.00	0.12
sem 15	0.36	10.40	102.30	0.10
sem 16	0.36	24.10	223.10	0.11

Fuente: Propia

Figura 96.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de losa aligerada



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.11 < 1.12 \quad \checkmark \text{ OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.11 < 0.36 \quad \checkmark \text{ OK}$$

Tabla 44.

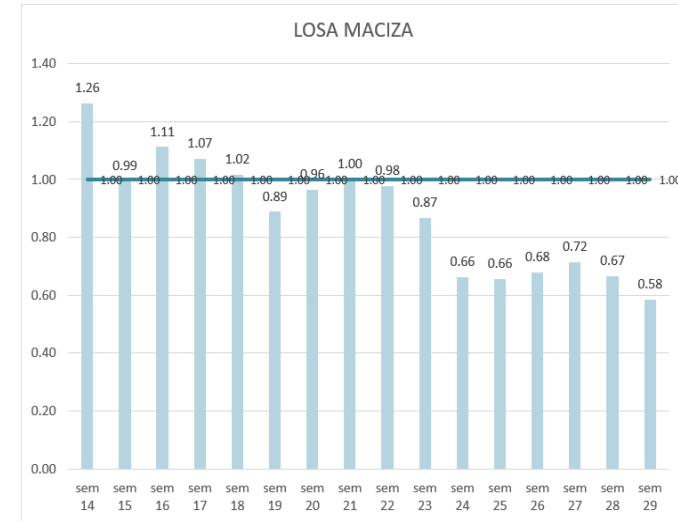
Cuadro de rendimiento de M.O encofrado de losa maciza

ENCOFRADO LOSA MACIZA	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	1.00	579.40	458.22	1.26
sem 2	1.00	287.10	289.30	0.99
sem 3	1.00	259.40	233.20	1.11
sem 4	1.00	628.05	586.71	1.07
sem 5	1.00	329.20	323.68	1.02
sem 6	1.00	467.30	526.20	0.89
sem 7	1.00	212.90	220.76	0.96
sem 8	1.00	260.95	260.42	1.00
sem 9	1.00	130.10	133.15	0.98
sem 10	1.00	189.30	218.51	0.87
sem 11	1.00	181.70	274.28	0.66
sem 12	1.00	169.10	257.30	0.66
sem 13	1.00	176.50	260.42	0.68
sem 14	1.00	312.40	436.47	0.72
sem 15	1.00	267.00	400.94	0.67
sem 16	1.00	220.20	376.92	0.58

Fuente: Propia

Figura 97.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O encofrado de losa maciza



Fuente: Propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.58 < 1.33 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.58 < 1.00 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

Tabla 45.

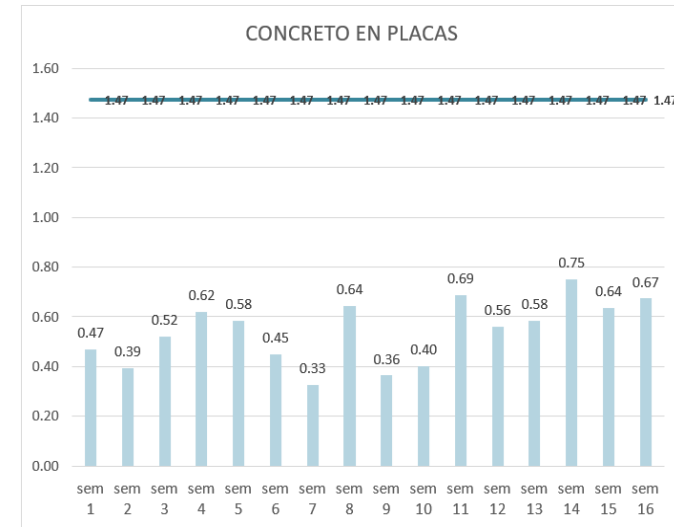
Cuadro de rendimiento de M.O concreto en placas

CONCRETO PLACAS	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	1.47	29.50	63.00	0.47
sem 2	1.47	12.00	30.50	0.39
sem 3	1.47	6.00	11.50	0.52
sem 4	1.47	33.50	54.00	0.62
sem 5	1.47	16.50	28.30	0.58
sem 6	1.47	18.50	41.20	0.45
sem 7	1.47	13.50	41.20	0.33
sem 8	1.47	26.50	41.20	0.64
sem 9	1.47	15.00	41.20	0.36
sem 10	1.47	16.50	41.20	0.40
sem 11	1.47	26.50	38.50	0.69
sem 12	1.47	21.50	38.40	0.56
sem 13	1.47	22.50	38.50	0.58
sem 14	1.47	23.50	31.30	0.75
sem 15	1.47	17.00	26.70	0.64
sem 16	1.47	26.00	38.60	0.67

Fuente: Elaboración propia

Figura 98.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O concreto en placas



Fuente: Elaboración propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.67 < 1.08 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.67 < 1.47 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

Tabla 46.

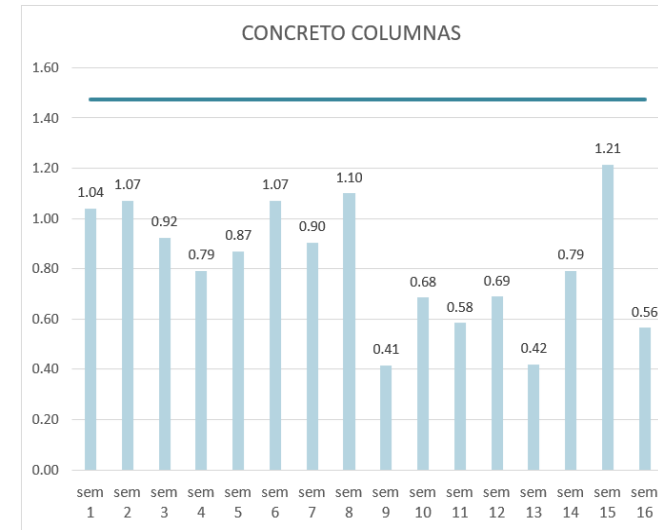
Cuadro de rendimiento de M.O concreto en columnas

CONCRETO COLUMNA	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	1.4736	27.00	26.00	1.04
sem 2	1.4736	15.00	14.00	1.07
sem 3	1.4736	6.00	6.50	0.92
sem 4	1.4736	19.50	24.60	0.79
sem 5	1.4736	12.00	13.80	0.87
sem 6	1.4736	20.00	18.70	1.07
sem 7	1.4736	12.00	13.30	0.90
sem 8	1.4736	26.50	24.10	1.10
sem 9	1.4736	10.00	24.10	0.41
sem 10	1.4736	16.50	24.10	0.68
sem 11	1.4736	16.00	27.40	0.58
sem 12	1.4736	9.50	13.80	0.69
sem 13	1.4736	11.50	27.40	0.42
sem 14	1.4736	21.00	26.50	0.79
sem 15	1.4736	12.50	10.30	1.21
sem 16	1.4736	7.00	12.40	0.56

Fuente: Elaboración propia

Figura 99.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O concreto en columnas



Fuente: Elaboración propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.98 < 1.08 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.98 < 1.47 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

Tabla 47.

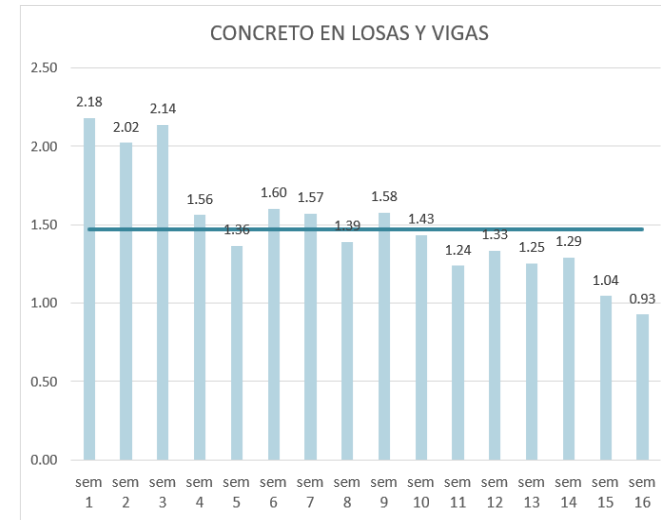
Cuadro de rendimiento de M.O concreto en losas y vigas

CONCRETO LOSA	Cant. HH APU	horas	metrado	hh/m2
sem 1	1.4736	279.00	128.00	2.18
sem 2	1.4736	321.50	159.00	2.02
sem 3	1.4736	92.00	43.00	2.14
sem 4	1.4736	281.00	180.00	1.56
sem 5	1.4736	156.00	114.30	1.36
sem 6	1.4736	234.00	145.90	1.60
sem 7	1.4736	229.50	145.90	1.57
sem 8	1.4736	206.50	148.50	1.39
sem 9	1.4736	234.00	148.50	1.58
sem 10	1.4736	217.00	151.50	1.43
sem 11	1.4736	187.50	151.50	1.24
sem 12	1.4736	202.00	151.50	1.33
sem 13	1.4736	195.00	155.50	1.25
sem 14	1.4736	214.50	166.50	1.29
sem 15	1.4736	129.00	123.50	1.04
sem 16	1.4736	100.50	108.50	0.93

Fuente: Elaboración propia

Figura 100.

Gráfico de barras del rendimiento de M.O concreto en losas y vigas



Fuente: Elaboración propia

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de revistas especializadas

$$0.93 < 1.08 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

- Rendimiento real obtenido / rendimiento de expediente técnico

$$0.93 < 1.47 \quad \checkmark \quad \text{OK}$$

4.3.10.3 *Indicadores de producción en base a costos con implementación del sistema*

last planner

Se llevó a cabo un seguimiento de los recursos empleados por la fuerza laboral para la realización del proyecto durante las primeras 4 semanas de formación y las 12 semanas de puesta en marcha el last planner, con el objetivo de calcular los costos reales del trabajo durante este período.

Tabla 48.

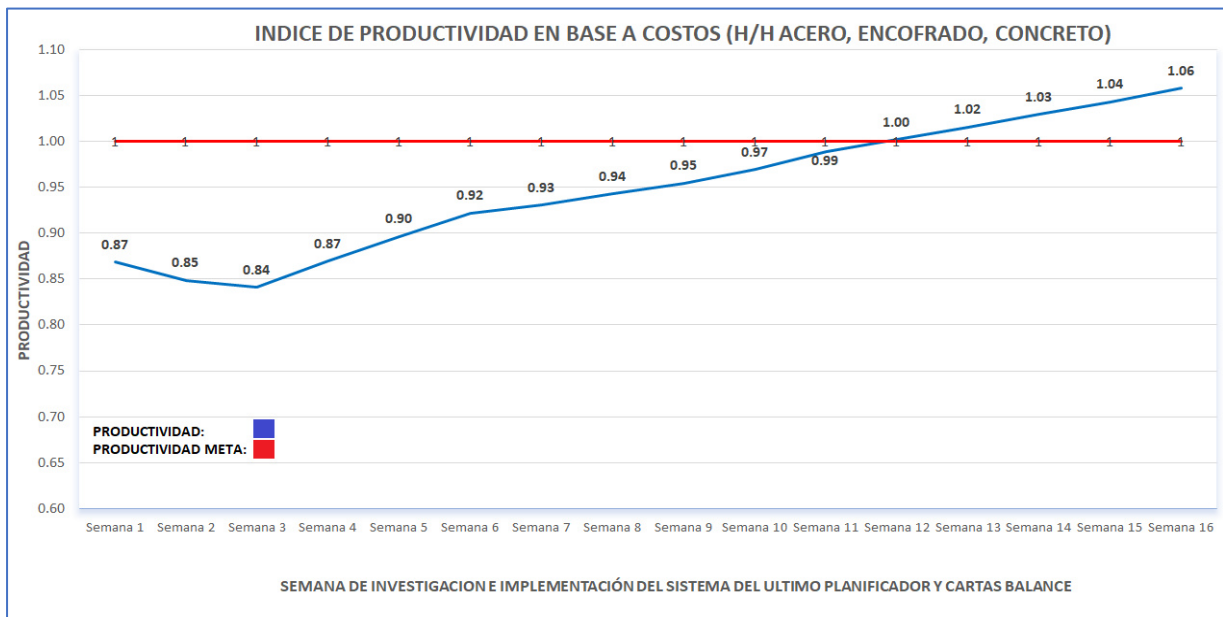
Indicador de producción en base a costos H/H con el last planner

INDICE DE PRODUCTIVIDAD EN BASE A COSTOS (H/H ACERO, ENCOFRADO, CONCRETO)								
SEMANA	VALOR PLANIFICADO APU.	VALOR PLANIFICADO APU. (ACUMULADO)	COSTO REAL	COSTO REAL ACUMULADO	PRODUCTIVIDAD	PRODUCTIVIDAD META		
Semana 1	S/ 54,096.03	S/ 54,096.03	S/ 62,257.30	S/ 62,257.30	0.869	1		
Semana 2	S/ 43,684.91	S/ 97,780.94	S/ 52,951.10	S/ 115,208.40	0.849	1		
Semana 3	S/ 27,806.13	S/ 125,587.07	S/ 34,137.30	S/ 149,345.70	0.841	1		
Semana 4	S/ 50,857.50	S/ 176,444.57	S/ 53,565.75	S/ 202,911.45	0.870	1		
Semana 5	S/ 35,701.76	S/ 212,146.33	S/ 33,660.40	S/ 236,571.85	0.897	1		
Semana 6	S/ 51,048.88	S/ 263,195.21	S/ 48,890.80	S/ 285,462.65	0.922	1		
Semana 7	S/ 38,173.54	S/ 301,368.75	S/ 38,342.00	S/ 323,804.65	0.931	1		
Semana 8	S/ 44,232.74	S/ 345,601.49	S/ 42,720.55	S/ 366,525.20	0.943	1		
Semana 9	S/ 37,677.41	S/ 383,278.90	S/ 34,912.50	S/ 401,437.70	0.955	1		
Semana 10	S/ 40,398.17	S/ 423,677.08	S/ 35,483.45	S/ 436,921.15	0.970	1		
Semana 11	S/ 43,281.34	S/ 466,958.42	S/ 35,305.80	S/ 472,226.95	0.989	1		
Semana 12	S/ 43,870.58	S/ 510,829.00	S/ 37,536.40	S/ 509,763.35	1.002	1		
Semana 13	S/ 40,935.02	S/ 551,764.02	S/ 33,443.80	S/ 543,207.15	1.016	1		
Semana 14	S/ 46,468.28	S/ 598,232.29	S/ 37,724.50	S/ 580,931.65	1.030	1		
Semana 15	S/ 39,185.06	S/ 637,417.36	S/ 30,027.60	S/ 610,959.25	1.043	1		
Semana 16	S/ 40,976.12	S/ 678,393.47	S/ 30,263.20	S/ 641,222.45	1.058	1		

Fuente: Propia

Figura 101.

Gráfico de índice de productividad en base a costos de H/H de M.O



Fuente: Propia

Se visualiza en la figura N°101, el nivel de productividad, medido en términos de costos reales y pagados, ha mejorado considerablemente en la obra. Según los parámetros de eficiencia y efectividad indicados por Botero y Álvarez (2004), se puede catalogar como eficaz y eficiente, ya que los costos son menores a los costos valorizados.

Durante las semanas de implementación del last planner y la aplicación de las cartas de balance, los valores de productividad mostraban una tendencia descendente debido a la gran pérdida ocasionada principalmente por las partidas de encofrado que fueron corrigiéndose a partir de la cuarta semana en adelante.

Desde la semana 12 los resultados se mantienen con indicadores altos siendo estos, según los parámetros indicados por Botero y Álvarez (2004), como eficiente y a la vez efectivo ya que durante las últimas semanas se usaron de mejor manera los recursos y se realizó de mejor manera los análisis de restricciones reduciendo las razones de incumplimiento.

Asimismo, los costos reales semanales a partir de la semana 8 en adelante son inferiores a los costos planificados, verificándose la mejora de la productividad debido a la implementación del last planner y cartas de balance.

4.3.11. Causas que afectan la productividad con la implementación del last planner y cartas de balance

Para recopilar información que nos permita identificar mejoras en la productividad, hemos monitoreado las actividades y determinado las razones que provocan pérdidas de productividad de acuerdo con los datos recopilados durante las semanas de aplicación del last planner.

Figura 102.*Causas de baja producción “proyecto Hara”*

Fuente: Propia

En la figura 102 se observan las principales razones que ocasionan pérdidas de productividad en la obra. La causa más significativa identificada es la problemática económica de la empresa, que provoca retrasos en los pagos al personal obrero y la falta de materiales debido a los pagos atrasados a los proveedores. Esto resulta en el cierre del despacho a la obra y genera más demoras.

V. DISCUSION DE RESULTADOS

Basándose en los hallazgos de la investigación, se confirma la premisa principal que sostiene que la implementación de las cartas de balance mejora la productividad en la construcción de edificaciones multifamiliares. Esto guarda relación con lo que menciona Cornejo et al. (2017) concluyen que el last planner impacta la administración de la organización, facilitando una comunicación más fluida y el desarrollo de redes de compromiso fiables que ayudan a alcanzar los objetivos de los proyectos. Al formar grupos de trabajo unificados, la planificación se vuelve más confiable, lo que reduce la variabilidad en la producción. Esta disminución en la variabilidad mejora la productividad y la eficiencia en el uso de recursos, aumentando la capacidad para adaptarse a cambios, disminuyendo la necesidad de improvisación y estabilizando el entorno general de trabajo y producción. Estas circunstancias favorecen el cumplimiento de las metas establecidas en términos de tiempos, plazos y márgenes de utilidad. Estos resultados también concuerdan con lo indicado por Vilca (2014), quien menciona varias formas de mejorar la productividad mediante estos sistemas. Por ejemplo, al cambiar la sectorización de 5 a 4 sectores, los operarios saben que deben acelerar más en sus tiempos de producción y reducir sus tiempos no productivos para poder completar las tareas y si realizan un metrado considerable por encima de lo esperado darles un bono para que mantengan el nuevo metrado diario. Considerando que el objetivo de las cartas de balance es que los operarios trabajen de manera más inteligente, no más duramente, se optó por analizar que cuadrillas cumplen con esta intensidad de trabajo y cuales pueden continuar con el ritmo normal de trabajo. Esta decisión implicó que cada operario tuviera que realizar en promedio solo 2 m² más por día, una cantidad que fue manejable tras el proceso de optimización en las tareas de obra.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, confirmamos la hipótesis propuesta que sostiene que la adopción las cartas de balance ayuda a identificar los factores

que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones multifamiliares. Estos hallazgos concuerdan con lo que sostienen Dávila y Pereda (2019), quienes indican que, al analizar el sistema de gestión convencional en contraste con el last planner, se observaron causas significativas de pérdida de productividad. Entre ellas se incluyen la medición de limitaciones, sobre proceso, pérdidas, retrabajos, comunicación deficiente, prescindible transporte, tiempos de espera y un inventario excesivo por encima del mínimo requerido. Asimismo, Gastelo (2022) sostiene que el uso de mecanismos de mejora de producción facilita la maximización del valor para el cliente al reducir las pérdidas. Para garantizar que los procesos no se interrumpan, es crucial que las secuencias de trabajo sean eficientes y que el proceso sea preciso en el análisis de restricciones. En caso de que este primer paso falle, es necesario elaborar un informe sobre las razones de la falla para contar con un registro y poder gestionar de manera efectiva situaciones similares en el futuro. Estas razones pueden agruparse en áreas como personal, equipo, requisitos, materiales.

Basándose en los hallazgos de la investigación, se confirma la hipótesis específica de que la adopción de las cartas balance contribuye a aumentar la productividad en la construcción de edificios multifamiliares. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Guevara y Loayza (2020), quienes indican las cartas de balance en conjunto con el last planner puede mejorar significativamente la realización de proyectos de infraestructura. Según sus conclusiones, este mecanismo no solo controla, sino que también optimiza considerablemente la productividad de la fuerza laboral, lo que repercute positivamente en la ejecución de los proyectos. En el estudio técnico, el tiempo previsto para la obra era equivalentes a 180 días calendario. No obstante, con la implementación las cartas de balance junto con mecanismos del last planner, la duración del proyecto se reduciría a 120 días calendario, permitiendo su finalización en 4 meses.

Como consecuencia de esta investigación, se confirma la hipótesis planteada, que sugiere que la aplicación de las cartas de balance incrementa la confiabilidad en la construcción de viviendas multifamiliares. Estos hallazgos coinciden con las observaciones de Orihuela y Ulloa (2011), quienes concluyen que la implementación de este sistema mejora notablemente la confiabilidad de la planificación. El sistema permite al ingeniero residente y personal de construcción reducir significativamente las fallas asociadas con la incertidumbre inherente a los procesos. Además, Guzmán (2014) señala que el sistema del último planificador disminuye de manera considerable las consecuencias de la fluctuabilidad en los proyectos. En su estudio, al aplicar todos los niveles de programación del sistema, se consiguió concluir la fase estructural del proyecto dentro del tiempo programado, alcanzando un 75% de cumplimiento del cronograma, superior al promedio general de las obras de la localidad. Este éxito se atribuye a la mejora en la gestión de problemas, destacando el valor de identificar las razones de incumplimiento y de tomar correcciones en base a lo aprendido. Estas acciones permitieron enfocar la atención en las fallas recurrentes, logrando una mejor preparación y manejo de los desafíos.

VI. CONCLUSIONES

a. La implementación de las cartas de balance ha mejorado la productividad y confiabilidad en la construcción del edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria, debido a que las evaluaciones en las cartas de balance de la ejecución de las partidas más incidentes han arrojado resultados satisfactorios en las partidas en las que se tenían gran pérdida de productividad, como muestra las figuras N°74, N°80 y N°84 donde los niveles de producción en el encofrado de placas ha mejorado en los tiempos productivos TP de 41.2% a 55.2% incrementándose un 14.0%, los tiempos contributorios TC mejoraron de 36.9% a 33.1% se redujeron en un 3.8% que en este caso es beneficioso ya que a cambio de esa reducción del TC se aumentó el tiempo productivo y la disminución de tiempo no contributorio TNC, que tiene una variación de 21.9% a 11.7%, disminuyendo un 10.2%, logrando optimizar la partida de encofrado de placa.

b. Asimismo, en el encofrado de vigas ha mejorado los tiempos productivos TP de 30.4% a 45.8% incrementándose en 15.4%, los tiempos contributorios TC mejoraron ya que bajo de 52.7% a 41.9% reduciéndose un 10.8% optimizando el TC que era demasiado elevado debido al uso de cimbra que requería de muchas horas hombre para ser armada y la disminución de tiempo no contributorios TNC, que tiene una variación de 16.9% a 12.2%, disminuyendo un 10.2%, logrando optimizar la partida de encofrado de vigas.

c. Por otra parte, en el vaciado de losa ha mejorado los tiempos productivos TP de 48.17% a 68.64% incrementándose en 20.47%, los tiempos contributorios TC son de 11.08% a 19.47% incrementándose un 8.39% y la disminución de tiempo no contributorios TNC, que tiene una variación de 40.75% a 11.89%, disminuyendo un 28.86%, una gran variación debido a que el mayor tiempo no contributorio era debido a las esperas generadas por la demora del mixer de concreto, logrando optimizar la partida de vaciado de losas.

d. La implementación del sistema del último planificador y las cartas balance ha sido

fundamental para identificar y mejorar los factores que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra en la construcción del edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria. Entre las causas más significativas de las pérdidas de productividad se encuentran la desmotivación del personal debido a atrasos en pagos (30%), la falta de materiales (24%), y el retraso en los pagos del personal obrero (23%). Estas causas están fuera del control de los ingenieros del proyecto, ya que son problemas financieros de la empresa. Además, se ha observado que las causas de no cumplimiento después de la aplicación del last planner no son las mismas que en los procesos tradicionales. Esto se debe a que las razones del incumplimiento detectadas en los procesos tradicionales han sido corregidas o reducidas, lo que ha resultado en un aumento de la productividad.

e. La implementación de las cartas de balance mejoró la productividad considerablemente logrando un índice de producción en base al costo acumulado teniendo una productividad de 1.058 mejorando en 0.19 respecto al inicial 0.869 catalogándose finalizando la semana 16 como efectivo y eficiente.

f. La implementación de las cartas de balance ha aumentado la confiabilidad en la construcción del conjunto multifamiliar “El Hara” – La Victoria. Los porcentajes de actividades completadas (PAC) han aumentado considerablemente, logrando un PAC semanal de 86%, 89% y 85% durante las semanas 10, 11 y 12, respectivamente, con un acumulado de 80.2%. Aunque las semanas 13 y 14 mostraron una reducción en el PAC debido a la falta de pagos al personal obrero y a los proveedores de materiales, una vez solucionados estos problemas económicos, el PAC volvió a ser óptimo, alcanzando 87% en la semana 15 y 88% en la semana 16. Debido a esto se concluye que la aplicación de las cartas de balance junto con herramientas lean han mejorado la confiabilidad, manteniendo los valores de PAC semanal estables y logrando un máximo de 89% en la semana 11.

VII. RECOMENDACIONES

a. Es fundamental identificar claramente las Causas de No Cumplimiento antes de llevar a cabo cualquier implementación, ya que son la raíz de cualquier deficiencia en la productividad. El objetivo es eliminarlas o reducirlas mediante una correcta gestión y planificación en la obra. Es importante destacar que la implementación no debe ser realizada por un solo involucrado, sino por todo el personal de obra.

b. Es de suma importante la realización permanente de reuniones semanales y diarias para afianzar los compromisos de todos los trabajadores involucrados y buscar mantener liberadas las restricciones que pudieran aparecer semana a semana o durante el desarrollo de la obra, de esta manera las programaciones podrán alcanzar los porcentajes “PPC” más altos.

c. Considerando los resultados obtenidos con las cartas de balance en la ejecución de la obra, es recomendable su uso en todas las fases de la ejecución. Esto debe hacerse fomentando un compromiso entre todos los involucrados en el proyecto, teniendo la meta de disminuir los tiempos no productivos y aumentar la productividad y la confiabilidad.

d. Es importante que los proveedores con los que trabaje una empresa cumplan con las fechas y horas indicadas de entrega de materiales, ya que la demora de estos genera excesivos tiempos no productivos y faltas de área de trabajo.

VIII. REFERENCIAS

- Botero, L. F., y Alvares, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda. *REVISTA Universidad EAFIT*, 40(136), 51–60. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/864/770>
- Buleje, K. (2012). Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1691>
- Chavez, R., y García, E. (2021). *Análisis de la implementación de la metodología Last Planner System para optimizar la planificación de la fase de superestructura del edificio principal del Hospital Regional de Huancavelica*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/661173>
- Chigchon, B. A. (2023). *Análisis y evaluación de la implementación de Last Planner System al método convencional para reducir el tiempo y desperdicios del sistema de concreto armado del condominio Santa Rosa I, Trujillo 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33667>
- Dávila, J. y Pereda, D. (2019). *Implementación del sistema last planner para la optimización y control de obra de la vivienda multifamiliar residencial Santa Edelmira - Trujillo - La Libertad* [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7089>
- Gastelo Orlandini, V. E. (2022). *Implementación del sistema Last Planner en el proyecto edificio multifamiliar Kenko. Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de Ingeniero Civil. Piura - Perú*. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio

UDEP. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5523>

Gonzales Retamal, A. M. (2012). *Propuesta de implementación del sistema last planner con el apoyo de modelación 4d para la obra gruesa de edificaciones*. [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio UChile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112493>

Guevara, L y Loayza, J. (2020). *Aplicación de la metodología last planner system para mejorar la ejecución de los proyectos de infraestructura sanitaria en la región tacna - 2020*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1572>

Hoyos, M. F., y Botero, L. F. (2021). Implementation del sistema del último planificador en el sector constructor colombiano: Caso de estudio. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 29(4), 600–621. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052021000400601&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Ibañez, F. I. (2018). Análisis y definición de estrategias para la implementación de las herramientas del Lean construction en Chile. [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio UChile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168246>

Llaja, C. (2019). *Aplicación de la filosofía lean construction en la programación, ejecución y control de proyectos en la localidad de Chachapoyas-2019* [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. Repositorio UNTRM. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2774>

Orihuela, P. y Ulloa, K. (2011). *La planificación de las obras y el sistema Last Planner*. Corporación Aceros Arequipa. Construcción integral. Boletín N °12. http://www.motiva.com.pe/articulos/La_Planificacion_Obras_Sistema_LastPlanner.pdf

- Pirca, G. y Pirca J. (2019). *Análisis del sistema last planner system en el proceso de planificación de la obra: "Dirección regional de educación de huancavelica"* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH.
<https://repositorio.unh.edu.pe/items/6d86fa3d-1769-4ccc-871b-cda6e4064889>
- Pons, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction Introduccion a ean construction. In *Fundación Laboral de la Construcción*. <http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf>
- Pons, J. F., y Rubio, I. (2019). Lean Contruction y la planificacion colaborativa METODOLOGÍA DEL LAST PLANNER SYSTEM. In *Consejo General de la Arquitectura Tecnica de España* (Vol. 4, Issue 1). https://www.cgate.es/pdf/LEAN_CONSTRUCTION_PDF_Web.pdf
- Ramos, R. y Salvador, S. (2013). *Evaluación de la aplicación del sistema last planner en la construcción de edificios multifamiliares en Arequipa*. [Tesis de grado, Universidad de Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/306533?show=full&localeattribute=es>
- Revista Costos (2019). Suplemento Tecnico 2019
- Serpell, A. y Verbal, R. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance. *Revista Ingeniería de Construcción, N°9, Julio - Diciembre 1990*.
<https://repositorio.uc.cl/handle/11534/10010>
- Vilca Uzategui, M. P. (2014). *Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/556447>

IX. ANEXOS

TITULO “IMPLEMENTACIÓN DE LAS CARTAS DE BALANCE PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES, APLICADO EN EL PROYECTO EL HARA – LA VICTORIA”.

ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema general	Objetivo general	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS
¿De qué manera la implementación de las cartas balance mejorará la productividad y en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto “El Hara” – La Victoria?	Analizar si la implementación de las cartas de balance mejorará la productividad y la confiabilidad en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto “El Hara” – La Victoria.	La implementación de las cartas de balance mejora la productividad de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto “El Hara” – La Victoria.	I: Cartas de Balance	-Cartas de balance de cuadrillas. -Plan maestro - Lookahead -Plan semanal	- Resultados de Cartas Balance (TP, TC Y TNC). -Porcentaje de Plan Cumplido (%PPC). -Causas de no cumplimiento (%CNC)	METODOLOGÍA El diseño de la investigación es Cualitativa; por tanto, es una investigación donde no es necesario contrastar los resultados. no experimental: las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos
problema secundario	objetivo secundario		Variables			INSTRUMENTOS
¿Cuáles son las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y como mejorarán con la implementación de las cartas de balance en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto “El Hara” – La Victoria?	Identificar las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y su mejora con la implementación de las cartas de balance en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto	La implementación de las cartas balance ayudará a identificar las causas que generan pérdidas en la productividad de la mano de obra y los mejorará en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto “El Hara” – La Victoria	D: Productividad D: Confiabilidad	-Productividad en Mano de Obra -Cronogramas y	-Causas de no cumplimiento (%CNC)	INSTRUMENTOS -Formato de carta Balance

	<p>“El Hara” – La Victoria</p>			<p>plazos de ejecución</p>		<p>-Informe semanal de producción</p> <p>-Formatos PPC Y CNC</p> <p>-Fotografías</p> <p>ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS</p>
<p>¿En qué medida la implementación de las cartas de balance mejorará la productividad en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el proyecto “El Hara” – La Victoria?</p>	<p>Determinar si la implementación de las cartas de balance mejora la eficiencia de la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria.</p>	<p>La implementación de las cartas de balance mejora la eficiencia de la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones multifamiliares: aplicado en el edificio multifamiliar “El Hara” – La Victoria.</p>	<p>D: Productividad</p>	<p>-Productividad en gastos reales de obra</p> <p>-Productividad en Mano de Obra</p>	<p>- Resultados de Cartas Balance (TP, TC Y TNC).</p> <p>-Porcentaje de Plan Cumplido (%PPC).</p> <p>-Indices de productividad</p>	<p>Microsoft Excel Y Ms Project para procesamiento de datos (Tablas de frecuencia, gráficos estadísticos) y Elaboración de reportes de PAC, CNC, y registros de índices de productividad.</p>

ANEXO B. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	Dimensiones	INDICADORES	ESCALA %
I: Cartas de Balance	La carta balance se utiliza para analizar detalladamente el proceso de una actividad mediante datos recogidos en intervalos de tiempo cortos. Este análisis divide las actividades de cada obrero en tiempos productivos, contributivos y no contributivos, permitiendo optimizar el proceso de la actividad con base en los datos obtenidos.	Las actividades comprendidas abarcan: identificación, análisis cualitativo, análisis cuantitativo, respuesta y control de los procesos en cada partida de la obra. El objetivo es incrementar la productividad en las construcciones, reducir las causas de incumplimiento y alcanzar los porcentajes de planes completados de acuerdo con la planificación.	<ul style="list-style-type: none"> - Cuadrilla de obreros - Procesos de cada partida - Rendimiento por cuadrilla - Trabajo productivo, trabajo contributivos, trabajo no contributivos de la actividad. 	<ul style="list-style-type: none"> -Carta balance -Dependencia de actividades -Actividades de ruta Crítica -Indices de productividad 	Escala de medición de cartas balance para la mejora de la productividad.
Variables					

D: Productividad	La productividad es una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.	Los objetivos principales de un proyecto de construcción son cumplir con el alcance definido dentro del costo y tiempo programados, evitando así ampliaciones en los presupuestos y los plazos establecidos. En general, un indicador clave en las obras es la productividad, que se refleja en los gastos generales del proyecto, así como en los costos de mano de obra y equipos.	<ul style="list-style-type: none"> -Productividad en gastos reales de mano obra -Productividad en mano de Obra -Productividad en la utilización de recursos 	<ul style="list-style-type: none"> -Costos reales de ejecución -Costos planificados -Trabajo contributorio (TC), Trabajo no contributorio (TNC) y Trabajo productivo (TP). -Registro diario de obreros -Costos de horas hombre 	
D: Confiabilidad	El objetivo del diseño de la programación es lograr reducir los fallos del cumplimiento de metas de tal manera que permita aumentar la productividad y responsabilidad de los colaboradores.		<ul style="list-style-type: none"> -Confiabilidad de la programación. -Productividad en gastos reales de mano de obra -Productividad en mano de obra -Restricciones 	<ul style="list-style-type: none"> -Horas Hombre valorizadas en Proyecto 	

ANEXO C. Panel Fotográfico.**Figura 103.**

Colocación de acero de vigas

**Figura 104.**

Apuntalamiento en encofrado de losas



Figura 105.

Vaciado de losa, sector 1



Figura 106.

Charla de obra, proyecto Hara



Figura 107.

Colocación de acero de placas



Figura 108.

Control de actividades en campo

