

# **UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



*Una Institución Adventista*

**Aplicación de la filosofía Lean Construcción para optimizar tiempo de las partidas de casco gris en la construcción del pabellón de Hospitalización Materno Infantil Tipo 2.2-E de la Ciudad de Juliaca**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Caterine Shorca Sequeiros Fernandes

Asesor:

Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé

**Juliaca, noviembre de 2022**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “**APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCCIÓN PARA OPTIMIZAR TIEMPO DE LAS PARTIDAS DE CASCO GRIS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PABELLÓN DE HOSPITALIZACIÓN MATERNO INFANTIL TIPO 2.2-E DE LA CIUDAD DE JULIACA**” constituye la memoria que presenta la Bachiller **Caterine Shorca Sequeiros Fernandes** para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 17 días del mes de noviembre del año 2022.



Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé  
Asesor



185

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a...15... día(s) del mes de... *noviembre* ... del año 20*22*, siendo las...*16:00*... horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: *Ing. Hersen Duberly Pari Yusi*, el secretario: *Mg. Efraín Velásquez Mamani* y los demás miembros: *Ing. Juana Beatriz Aguirre Pari* *Mg. José Racari Racari* y el asesor: *Ing. Rubén Fitzgerald Sosa*

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: *Aplicación de la filosofía Lean Construcción para optimizar tiempo de las partidas de casco gris en la construcción del pabellón de Hospitalización Materno Infantil Tipo 2-2-E de la Ciudad de Juliaca* de el(los)/la(las) bachiller(es): a) *Laterine Shorca Sequeros Fernandez* b) ..... conducente a la obtención del título profesional de *Ingeniero Civil* (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): *Laterine Shorca Sequeros Fernandez*







CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<i>Aprobado</i>	<i>14</i>	<i>C</i>	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>

Candidato (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente  
 Asesor  
 Candidato/a (a)  
 Miembro  
 Secretario  
 Miembro  
 Candidato/a (b)

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. A mi madre Milagros por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre Hilario quien con su disciplina supo enseñarme a perseguir mis sueños por más inalcanzables que podrían parecer. A mi hija Anel quien fue la motivación para no desistir en este proceso de formación profesional.

**Caterine Shorca Sequeiros Fernandes**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar todos los obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. A mis padres quienes hicieron todo el esfuerzo de educarme y apoyarme en todo el proceso. A mis padrinos Milva y Ángel quienes siempre estuvieron motivándome para concluir este sueño. A mi asesor Ing. Rubén Sosa por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
INDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE ANEXOS.....	xviii
SIMBOLOS USADOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT .....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	xxii
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	23
1.1. Descripción de la problemática .....	23
1.2. Formulación del Problema .....	24
1.2.1. Problema General.....	24
1.2.1. Problemas Específicos .....	24
1.3. Objetivos de la investigación .....	24
1.3.1. Objetivo General.....	24
1.3.1. Objetivos Específicos .....	25
1.4. Justificación, importancia y alcances de la investigación.....	25
1.5. Presuposición filosófica .....	26
1.6. Limitaciones de la investigación .....	27
2 MARCO TEÓRICO .....	28
2.1 Antecedentes de la investigación .....	28
2.1.1 Investigaciones Nacionales .....	28
2.1.2 Investigaciones Internacionales.....	30
2.2 Bases Teóricas .....	32
2.2.1 La Filosofía Lean Construction .....	32
2.2.2 Conceptos y Herramientas Lean Construction.....	33

2.2.3	Nueva forma de producción para la construcción .....	34
2.2.4	Seis formas de ser Lean y vencer a la competencia con tecnología de construcción .....	35
2.2.5	Principios del Lean Construction para el mejoramiento del proceso de producción.....	39
2.2.6	Objetivos del Lean Construction para el mejoramiento del proceso de producción.....	39
2.2.7	Productividad.....	40
2.2.8	Categorías de trabajo dentro de una faena .....	41
2.2.9	Variabilidad.....	41
2.2.10	Just in Time (JIT) .....	41
2.2.11	Curva de aprendizaje .....	42
2.2.12	Sectorización .....	43
2.2.13	Tren de actividades.....	43
2.2.14	Buffers de tiempo .....	44
2.2.15	Last Planner System (Sistema del Ultimo Planificador).....	45
2.2.16	Programación Maestro .....	54
2.2.17	Programación intermedia .....	54
2.2.18	Lookahead Plan .....	55
2.2.19	Inventario de trabajo ejecutable (ITE) .....	56
2.2.20	Programación semanal .....	57
2.2.21	Programación diaria o Reuniones diarias de equipo.....	57
2.2.22	Definiciones básicas.....	59
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>61</b>
3.1	Lugar de ejecución.....	61
3.2	Ubicación del Proyecto .....	61
3.3	Descripción de la entidad ejecutora .....	63
3.4	Descripción del proyecto. ....	63
3.5	Población y Muestra .....	64
3.5.1	Población .....	64
3.6	Metodología de la Investigación.....	67
3.6.1	Tipo de Investigación. ....	67
3.6.2	Nivel de la Investigación .....	67

3.7	Diseño de la Investigación .....	68
3.7.1	Formulación de Hipótesis .....	68
3.7.2	Identificación de Variables.....	69
3.8	Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos .....	69
3.9	Procesamiento y análisis de datos.....	71
3.9.1	Sectorización .....	71
3.9.2	Last Planner System.....	73
3.10	Procesamiento y análisis de datos.....	79
3.11	Aplicación de buffer de tiempo .....	81
4	RESULTADOS .....	82
4.1	Layout de obra – BLOQUE B4 .....	82
4.2	Sectorización de obra – BLOQUE B4.....	82
4.3	RESULTADOS DE LA APLICACIÓN CARTA BALANCE - PRIMERA MEDICION .....	83
4.3.1	VIGAS DE CIMENTACIÓN .....	84
4.3.2	PLATEA DE CIMENTACION .....	89
4.3.3	LOSA PARA PISO .....	95
4.3.4	PEDESTAL, AISLADOR Y DESLIZADOR SISMICO .....	101
4.3.5	MUROS REFORZADOS.....	107
4.3.6	MUROS O PLACAS COLUMNAS .....	113
4.3.7	COLUMNETAS.....	118
4.3.8	VIGAS, PERALTADAS Y CHATAS.....	124
4.3.9	VIGAS DE AMARRE EN TABIQUERIA Y PARAPETOS.....	130
4.3.10	LOSAS.....	136
4.4	Diagnóstico de la primera medición .....	141
4.5	Tren de Actividades - Plan de actividades a ejecutarse a nivel de casco gris.....	144
4.6	Elaboración de mejoras para la primera etapa de mediciones.....	146
4.7	RESULTADOS DE LA APLICACIÓN CARTA BALANCE - SEGUNDA MEDICION .....	146
4.7.1	VIGAS DE CIMENTACION .....	146
4.7.2	PLATEA DE CIMENTACION .....	148
4.7.3	LOSA PARA PISO .....	150
4.7.4	PEDESTAL, AISLADOR Y DESLIZADOR SISMICO .....	152
4.7.5	MUROS REFORZADOS.....	153
4.7.6	LOSAS.....	161

4.8	Análisis de Hipótesis .....	165
4.8.1	Hipótesis General .....	165
4.8.2	Hipótesis Específicas .....	165
5	DISCUSIONES.....	169
6	CONCLUSIONES.....	172
7	RECOMENDACIONES.....	174
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	175
	ANEXOS.....	181

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de servicios y bloques del Hospital Materno Infantil - Juliaca.....	64
Tabla 2. Población de estudio representado en las partidas de concreto armado .....	65
Tabla 3. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 1 .....	84
Tabla 4. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 1 – TURNO MAÑANA.....	85
Tabla 5. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 1– TURNO TARDE .....	87
Tabla 6. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 1.....	88
Tabla 7. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Platea de cimentación sector D, E. Día 2.....	89
Tabla 8. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 2 – TURNO MAÑANA.....	91
Tabla 9. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en platea de cimentación sector D, E. Día 2 – TURNO TARDE.....	93
Tabla 10. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 2.....	94
Tabla 11. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de acero en Losa para piso sector D, E. Día 3 .....	95
Tabla 12. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en Losa para piso sector D, E. Día 3 – TURNO MAÑANA .....	97
Tabla 13. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 3 – TURNO TARDE.....	99
Tabla 14. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 3.....	100
Tabla 15. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en pedestal, aislador y deslizador sísmico sector D, E. Día 4.....	101
Tabla 16. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en pedestal, aislador y deslizador sísmico sector D, E. Día 4 – TURNO MAÑANA.....	103
Tabla 17. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –	

Colocación de Acero en pedestal, aislador y deslizador sísmico sector D, E. Día 4 – TURNO TARDE.....	104
Tabla 18. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 4.....	106
Tabla 19. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en muro de contención en cimentación sector D, E. Dia 5 .....	107
Tabla 20. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en muro de contención en cimentación sector D, E. Día 5 – TURNO MAÑANA.....	109
Tabla 21. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en muro de contención en cimentación sector D, E. Día 5 – TURNO TARDE	110
Tabla 22. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 5.....	112
Tabla 23. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en muros o placas columnas sector D, E. Dia 6.....	113
Tabla 24. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en muros o placas columnas sector D, E. Día 6 – TURNO MAÑANA.....	114
Tabla 25. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en muros o placas columnas sector D, E. Día 6 – TURNO TARDE .....	116
Tabla 26. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 6.....	117
Tabla 27. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en columnetas sector D, E. Dia 7 .....	118
Tabla 28. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en columnetas sector D, E. Dia 7 – TURNO MAÑANA .....	120
Tabla 29. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en columnetas sector D, E. Día 7 – TURNO TARDE.....	122
Tabla 30. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 7.....	123
Tabla 31. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en vigas peraltadas y chatas sector D, E. Dia 8 .....	124
Tabla 32. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en vigas peraltadas y chatas sector D, E. Día 8 – TURNO MAÑANA .....	126
Tabla 33. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en vigas peraltadas y chatas sector D, E. Día 8 – TURNO TARDE.....	127
Tabla 34. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 8.....	129

Tabla 35. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en vigas de amarre en tabiquería y parapetos sector D, E. Día 9 .....	130
Tabla 36. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en vigas de amarre en tabiquería y parapetos sector D, E. Día 9 – TURNO MAÑANA.....	132
Tabla 37. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en vigas de amarre en tabiquería y parapetos sector D, E. Día 9 – TURNO TARDE.....	133
Tabla 38. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 9. ....	135
Tabla 39. Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en losas macizas sector D, E. Dia 10.....	136
Tabla 40. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en losas macizas sector D, E. Día 10 – TURNO MAÑANA.....	137
Tabla 41. Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en losas macizas sector D, E. Día 10 – TURNO TARDE .....	139
Tabla 42. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 10. ....	141
Tabla 43. Variabilidad del TP, TC Y TNP por días en la primera medición de carta balance – Colocación de Acero – TURNO MAÑANA Y TARDE.....	143
Tabla 44. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	147
Tabla 45. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 1 .....	147
Tabla 46. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	149
Tabla 47. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 2.....	149
Tabla 48. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	150
Tabla 49. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 3 .....	151
Tabla 50. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	152
Tabla 51. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de Acero Dia 4.....	152
Tabla 52. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	154
Tabla 53. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 5. ....	154
Tabla 54. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	155
Tabla 55. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 6. ....	156
Tabla 56. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	157

Tabla 57. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 7.....	157
Tabla 58. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	158
Tabla 59. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 8.....	159
Tabla 60. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	160
Tabla 61. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 9.....	161
Tabla 62. Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos .....	162
Tabla 63. Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 10.....	162
Tabla 64. Variabilidad del TP, TC Y TNP por días en la Segunda Medición de carta balance – Colocación de Acero – TURNO MAÑANA Y TARDE .....	164
Tabla 65. Prueba T Student para muestras emparejadas.....	178

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Enfoque Lean .....	25
<i>Figura 2.</i> Producción Convencional en la industria de la construcción .....	34
<i>Figura 3.</i> Producción Lean elaborado .....	35
<i>Figura 4.</i> Formulación de las asignaciones en el planeamiento Last Planner. ....	46
<i>Figura 5.</i> Esquema de procedimiento Last Planner. ....	47
<i>Figura 7.</i> Los 8 flujos de la construcción ajustada. ....	49
<i>Figura 8.</i> Tablero típico del plan de trabajo semanal. ....	51
<i>Figura 9.</i> Localización del proyecto " Construcción del hospital materno infantil cono sur Juliaca" ...	61
<i>Figura 10.</i> Ubicación geográfica del proyecto "Construcción del Hospital Materno Infantil Juliaca ...	62
<i>Figura 11.</i> Formato para recolectar datos.....	70
<i>Figura 12.</i> Metrado bloque 4 y sectorización. ....	72
<i>Figura 13.</i> Diagrama de Gantt de la Planificación Maestra - ESTRUCTURAS.....	75
<i>Figura 14.</i> Diagrama de Gantt de la Planificación Maestra - GENERAL .....	76
<i>Figura 15.</i> Lookahead Planning del proyecto – CASCO GRIS.....	78
<i>Figura 16.</i> Representación de los pasos a seguir para la prueba de hipótesis .....	80
<i>Figura 17.</i> Layout metrado bloque 4.....	82
<i>Figura 18.</i> Esbozo de los sectores del bloque 4 obra.....	83
<i>Figura 19.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 1 .....	85
<i>Figura 20.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 1– TURNO MAÑANA.....	86
<i>Figura 21.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 1- TURNO MAÑANA.....	87
<i>Figura 22.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 1– TURNO TARDE .....	88
<i>Figura 23.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 1- TURNO TARDE .....	88
<i>Figura 24.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 1.....	89
<i>Figura 25.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 2 .....	91
<i>Figura 26.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 2 – TURNO MAÑANA.....	92
<i>Figura 27.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 2- TURNO MAÑANA.....	92
<i>Figura 28.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 2– TURNO TARDE .....	94

<i>Figura 29.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 2- TURNO TARDE .....	94
<i>Figura 30.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 2.....	95
<i>Figura 32.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 3 – TURNO MAÑANA.....	98
<i>Figura 33.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 3 - TURNO MAÑANA.....	98
<i>Figura 34.</i> Pareto para la distribución del tiempo nov-2019 – Dia 3.....	100
<i>Figura 35.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 3 - TURNO TARDE .....	100
<i>Figura 36.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 3.....	101
<i>Figura 37.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 4 .....	102
<i>Figura 38.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 4 – TURNO MAÑANA.....	104
<i>Figura 39.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 4- TURNO MAÑANA.....	104
<i>Figura 40.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 4 – TURNO TARDE .....	106
<i>Figura 41.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 4- TURNO TARDE .....	106
<i>Figura 42.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 4.....	107
<i>Figura 43.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 5 .....	108
<i>Figura 44.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 5 – TURNO MAÑANA.....	110
<i>Figura 45.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 5- TURNO MAÑANA.....	110
<i>Figura 47.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 5- TURNO TARDE .....	112
<i>Figura 48.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 5.....	113
<i>Figura 49.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 6 .....	114
<i>Figura 50.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 6 – TURNO MAÑANA.....	115
<i>Figura 51.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 6- TURNO MAÑANA.....	116
<i>Figura 52.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 6 – TURNO TARDE .....	117
<i>Figura 53.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 6- TURNO TARDE .....	117
<i>Figura 54.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 6.....	118
<i>Figura 55.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 7 .....	120
<i>Figura 56.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 7 – TURNO MAÑANA.....	121
<i>Figura 57.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 7- TURNO MAÑANA.....	121
<i>Figura 58.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 7 – TURNO TARDE .....	123
<i>Figura 59.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 7- TURNO TARDE .....	123

<i>Figura 60.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 7.....	124
<i>Figura 61.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 8 .....	126
<i>Figura 62.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 8 – TURNO MAÑANA.....	127
<i>Figura 63.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 8 - TURNO MAÑANA.....	127
<i>Figura 64.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 8 – TURNO TARDE .....	128
<i>Figura 65.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 8- TURNO TARDE .....	129
<i>Figura 66.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 8.....	130
<i>Figura 67.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 9 .....	131
<i>Figura 68.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 9 – TURNO MAÑANA.....	133
<i>Figura 69.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 9- TURNO MAÑANA.....	133
<i>Figura 70.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 9 – TURNO TARDE .....	134
<i>Figura 71.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 9- TURNO TARDE .....	135
<i>Figura 72.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 9.....	136
<i>Figura 73.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 10 .....	137
<i>Figura 74.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 10 – TURNO MAÑANA.....	138
<i>Figura 75.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 10- TURNO MAÑANA.....	139
<i>Figura 76.</i> Pareto para la distribución del tiempo Dia 10 – TURNO TARDE .....	140
<i>Figura 77.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 10- TURNO TARDE .....	140
<i>Figura 78.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 10.....	141
<i>Figura 79.</i> Tren de actividades para el primer mes de trabajo productivo .....	145
<i>Figura 80.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 1 .....	147
<i>Figura 81.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 1.....	148
<i>Figura 82.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 2 .....	148
<i>Figura 83.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 2.....	150
<i>Figura 84.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 3 .....	150
<i>Figura 85.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 3.....	151
<i>Figura 86.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 4 .....	152
<i>Figura 87.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 4.....	153
<i>Figura 88.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 5 .....	153

<i>Figura 89.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 5.....	155
<i>Figura 90.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 6 .....	155
<i>Figura 91.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 6.....	156
<i>Figura 92.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 7 .....	157
<i>Figura 93.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 7.....	158
<i>Figura 94.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 8 .....	158
<i>Figura 95.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 8.....	160
<i>Figura 96.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 9 .....	160
<i>Figura 97.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de acero Dia 9.....	161
<i>Figura 98.</i> Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 10 .....	161
<i>Figura 99.</i> Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 10.....	163

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CARTA BALANCE.....	181
ANEXO B. PLANOS.....	182
ANEXO C. METRADOS .....	183
ANEXO D. PLANEACION MAESTRA .....	184
ANEXO E. PANEL FOTOGRAFICO .....	185

## SIMBOLOS USADOS

LPS	: Last Planner System
Phase Scheduling	: Planificación por Fases
Master Scheduling	: Planificación Maestra Lookahead
Planning	: Planificación Anticipada
Weekly Work Planning	: Planes de Trabajo Semanales
TP	: Trabajo Productivo
TC	: Trabajo Contributorio
TNC	: Trabajo No Contributorio
PPC	: Porcentaje de plan cumplido
PCR	: Porcentaje de cumplimiento de restricciones

## RESUMEN

El Trabajo de investigación titulado “Aplicación de la filosofía Lean Construction para optimizar tiempo de las partidas de casco gris en la construcción del pabellón de Hospitalización Del Hospital Materno Infantil Tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca”, se enfoca en el uso de herramientas Lean Construction utilizando los porcentajes de cumplimiento planificado, análisis de restricciones, diagrama de flujo y carta balance, con mediciones cada 15 minutos y con análisis en sitio para los diferentes tipos de trabajo requeridos por el método, como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC ) y trabajo no contributivo (TNC). En este estudio se implementan herramientas de Lean Construction para optimizar el costo y tiempo de la obra, y así aumentar la productividad de proyectos de construcción, especialmente proyectos que no cumplen con los cronogramas durante la ejecución de obras. La investigación es aplicada, enfoque cuantitativo, tipo descriptivo, de nivel descriptivo, diseño no experimental, longitudinal y prospectiva; es decir, es un estudio observacional. Se ha trabajado con una población de 52 subpartidas a nivel general y se escogieron de estas 30, las que involucran estructuras de concreto armado, para dichas actividades se evaluaron el trabajo de 12 obreros durante 8 horas por actividad.

Al utilizar los conceptos de Lean Construction se optimizaron los recursos, se redujo el trabajo no contributivo y se planifico mejor el trabajo lo cual aumento de la productividad. Se obtuvo un trabajo productivo del 55.90%, trabajo contributivo de 29.58% y trabajo no contributivo de 14.43%. según la aplicación de carta balance.

***Palabras clave:*** Contributivo, Construcción, Filosofía, Planificación, Productividad.

## ABSTRACT

The research work entitled "Application of the Lean Construction philosophy to optimize time of the gray hull items in the construction of the Hospitalization pavilion of the Maternal and Child Hospital Type 2.2-E of the city of Juliaca", focuses on the use of tools Lean Construction using planned compliance percentages, analysis of restrictions, flowchart and balance chart, with measurements every 15 minutes and with on-site analysis for the different types of work required by the method, such as productive work (TP), tax work (TC) and non-contributory work (TNC). In this study, Lean Construction tools are implemented to optimize the cost and time of the work, and thus increase the productivity of construction projects, especially projects that do not meet the schedules during the execution of works.

The research is applied, quantitative approach, descriptive type, descriptive level, non-experimental design, longitudinal and prospective; that is, it is an observational study. We have worked with a population of 52 subheadings at a general level and those that involve reinforced concrete structures were chosen from these 30, for these activities the work of 12 workers was evaluated for 8 hours per activity.

By using the concepts of Lean Construction, resources were optimized, non-contributory work was reduced and work was planned better, which increased productivity.

A productive work of 55.90%, contributory work of 29.58% and non-contributory work of 14.43% was obtained. according to the balance card application.

**Keywords:** Contributory, Construction, Philosophy, Planning, Productivity.

## INTRODUCCIÓN

En comparación con otros países de América Latina, la productividad de la construcción en Perú es baja porque actualmente no se aplican herramientas enfocadas en la producción. Este documento tiene como objetivo evaluar y utilizar conceptos de Lean Construction y sus herramientas en la construcción de hospitales en el Departamento de Puno, utilizando herramientas de nivel de actividad general para analizar los elementos y eventos estructurales más relevantes en la construcción del edificio. A partir de estas herramientas se obtendrá diagramas de distribución del tiempo y los cambios en la ocupación del tiempo en la obra. Luego, con base en los resultados, se propone cómo incrementar la productividad de la construcción tipo hospital en el Departamento de Puno y las medidas de mejora para su implementación a futuro.

El primer capítulo justifica el argumento de la tesis y analiza la productividad del Perú y el Mundo. El Capítulo 2 explica los antecedentes, la evolución y el marco teórico que la Filosofía Lean quiere aportar al proyecto. El Capítulo 3 da a conocer las herramientas utilizadas y los elementos a considerar en la tomad de datos. El capítulo 4 contiene los resultados obtenidos del nivel de actividad general de la cuadrilla, con gráficos que muestran los niveles de productividad, el capítulo 5 presenta y hace recomendaciones sobre cómo mejorar los niveles de productividad del proyecto bajo el método de Lean Construction. Luego están las conclusiones basadas en las metas establecidas al principio. Termina el presente documento con una bibliografía, paneles de fotos y anexos de los estudios de campo.

# 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción de la problemática

En la actualidad en el Perú el sector de la construcción continúa en proceso de crecimiento, sin embargo aún se observa el desarrollo de procesos constructivos artesanales realizados manualmente con muy baja aplicación tecnológica por ejemplo en las partidas de encofrados, habilitación de madera para encofrado, habilitación y armado de acero, preparado y vaciado de concreto y otros como resultado de varios factores en ellos el sistema de planificación deficiente y desactualizada que concluye en una baja productividad, adicionales no previstos y sobrecostos; Tales condiciones precisan de mejores procesos constructivos mediante una mejor planificación con la adopción e implementación de herramientas estratégicas y metodologías modernas para lograr mayor productividad y eficiencia en la obra, que se reflejará en mayor productividad y eficiencia con la entrega de obra y sus componentes a tiempo y con calidad.

Respecto al análisis de tiempos contemplados en la etapa de planificación de las obras, puede señalarse que es mínimo, normalmente se considera solamente una ruta crítica del PERT-CPM y el método de GANTT, que durante la ejecución no se cumple, lo que genera tiempos adicionales para la culminación.

Hinostroza y Manosalva (2019), indican que “El sector de la construcción siempre ha sido asociado a un mal desempeño. En general la percepción es que la construcción es un sector de baja productividad (...).” (p. 2), la variabilidad en la construcción muchas veces es predecible, algunos ejemplos son: la falla de los equipos debido a falta de mantenimiento, los retrabajos, la falta de materiales en el momento de ejecución de los trabajos, etc.

Sin embargo en el presente siglo la filosofía Lean Construction ha presentado un notorio desarrollo y se viene investigando y aplicando en los países como: Estados Unidos,

Inglaterra, Alemania, Dinamarca, Finlandia, Japón, Israel, Brasil, Chile, algún país asiático y el Perú, mediante esta investigación se pretende ampliar la aplicación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION en el Sur del Perú considerando la realidad local para generar un sistema de planificación que permita una mejor organización de la ejecución de actividades, reducción de tiempos y sobrecostos para asegurar la ejecución eficiente de la obra Hospital Materno Infantil Cono Sur de Juliaca.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema General.**

¿De qué manera la filosofía Lean Construction influye en la productividad de la construcción de las partidas del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca?

### **1.2.1. Problemas Específicos.**

- ¿Cuál es el nivel de productividad en la ejecución de las partidas del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil- Juliaca, aplicando las herramientas de la filosofía Lean Construction?
- ¿Cuáles son los factores que afectan el tiempo de ejecución en la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil de Juliaca?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General.**

Aplicar la filosofía Lean Construction para una mejora de la productividad en la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca.

### 1.3.1. Objetivos Específicos.

- Planificar los alcances del casco gris mediante una de las herramientas de Lean Construction para incrementar la productividad durante la ejecución.
- Regular el rendimiento de la mano de obra mediante la carta balance para optimizar la productividad en las partidas más críticas del casco gris.
- Determinar el incremento de la productividad como resultado de la aplicación de Lean Construction del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil – Juliaca.

### 1.4. Justificación, importancia y alcances de la investigación

Este trabajo se enfoca en la obra del Hospital Materno Infantil Cono Sur de Juliaca, el cual utilizará métodos de Lean Construction en el proceso de construcción, con el objetivo de optimizar el tiempo y el flujo de ejecución, como se muestra en la Figura 1 a continuación:

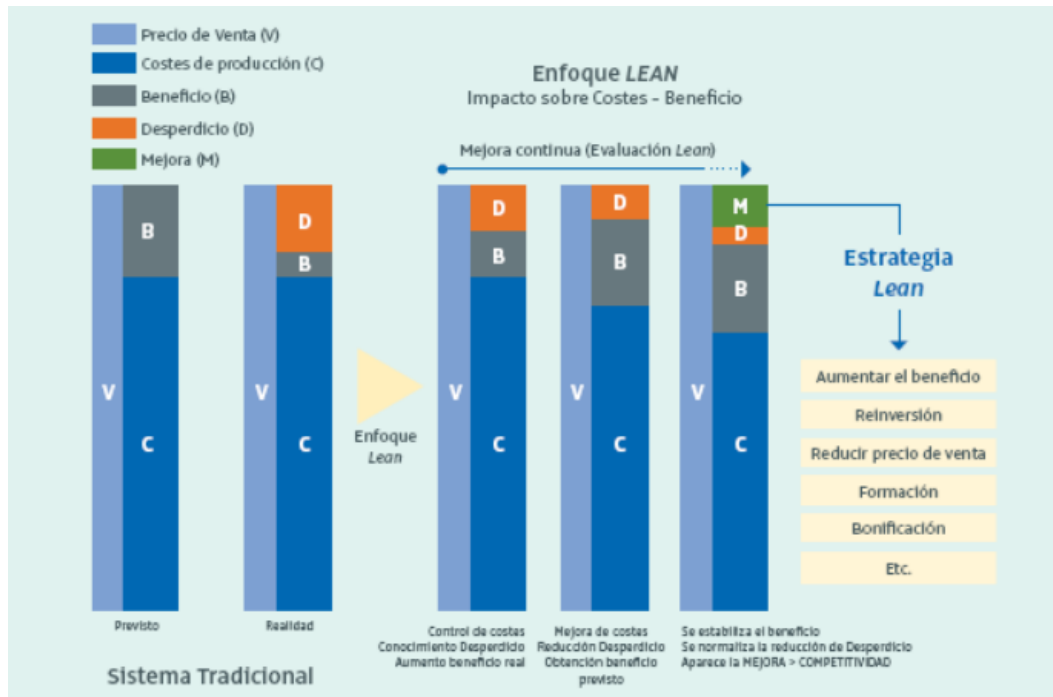


Figura 1. Enfoque Lean

La crítica constructiva basada en los resultados también servirá como una

oportunidad de mejora. La responsabilidad recae en los ejecutores, seguidos de los responsables de la obra, son las áreas productivas cuya función es controlar y velar por la ejecución de la propuesta.

Asimismo, con la estandarización del concepto de “Lean Construction” para los proyectos de construcción en Puno, se ha incrementado la eficiencia de ejecución de todo tipo de infraestructura.

En 2018, el mayor crecimiento del sector de la construcción superará el 6,7%. Este es el tercer año consecutivo que el sector de la construcción ha superado a la economía nacional, y es incluso superior a la tasa de crecimiento de 2,4% pronosticada por la Cámara de Comercio de Lima en 2017. Esto se debe a la mayor regulación de los proyectos de Lean Construction en los niveles local, regional y nacional (Sánchez, 2019).

En Perú, donde los valores de desempeño para la industria de la construcción son determinados por CAPECO, tomando en cuenta las condiciones costeras, la realidad de la obra varía considerablemente debido a la altitud y las condiciones ambientales. Al utilizar trabajadores y equipos, es recomendable obtener los beneficios del trabajo real local.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es implementar el concepto de Lean Construction para optimizar el tiempo de los proyectos de construcción y con ello reducir los sobrecostos de producción de las diferentes actividades durante la ejecución de la obra.

### **1.5. Presuposición filosófica**

La presente investigación se basa en los principios cristianos de la Universidad Peruana Unión, ya que tiene como objetivo investigar y al mismo tiempo beneficiar a la población objeto de estudio, y aplicar los principios cristianos prescritos por la institución.

“Algunos creen que preocuparse por las cosas pequeñas no es algo que corresponde a su dignidad. Piensan que es una evidencia de mente estrecha y de un espíritu mezquino. Pero los agujeros pequeños han hundido muchas embarcaciones. No debiera desperdiciarse

ninguna cosa que podría prestar servicio a otro. La falta de economía inevitablemente acarreará deudas a nuestras instituciones. Aunque se reciba mucho dinero, se perderá en los pequeños gastos innecesarios incurridos en los diversos departamentos. La economía no es tacañería”

Los que se capacitan para hacer su trabajo con presteza y también con economía, dirigirán su negocio en vez de permitir que su negocio los dirija a ellos. No estarán constantemente urgidos ni indecisos porque su trabajo se encuentra en estado de confusión. La diligencia e intensa fidelidad son indispensables para el éxito. Cada hora de trabajo la examina Dios y se registra la fidelidad o infidelidad con que se empleó. El registro del tiempo malgastado y de las oportunidades desaprovechadas deberá enfrentarse cuando comience el juicio y se abran los libros y cada uno sea juzgado de acuerdo con las cosas que están escritas en ellos. (White, 1880).

En toda la casa editora debiera existir el principio de la economía. Para ahorrar los dólares, primero hay que ahorrar con cuidado las monedas pequeñas. Los hombres que han tenido éxito en los negocios han sido siempre ahorrativos, perseverantes y enérgicos. Que todos los que se relacionan con la obra de Dios comiencen ahora a aprender seriamente a ser vigilantes. Aunque su trabajo no se aprecie en la tierra, nunca debieran rebajarse ante ellos mismos siendo infieles en lo que emprenden. Se requiere tiempo para que una persona se acostumbre a cierto estilo de vida hasta que encuentre felicidad practicándolo. Seremos individualmente lo que nuestros hábitos nos hagan, ahora y hasta la eternidad. (White, 1882).

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones del estudio se basan únicamente en el tiempo que lleva realizarlo, sin embargo, el tiempo está dispuesto para permitir la conclusión del estudio.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 Investigaciones Nacionales.

Cotrina (2017), en su estudio titulado:

“Aplicación de Lean Construction para optimizar la productividad en una obra de aplicación del pabellón educativo en Ñaña – Lurigancho – Lima”, tesis presentada para optar el grado de Ingeniero Civil por la Universidad César Vallejo, con el objetivo de demostrar que la aplicación Lean Construction optimizará la productividad de la obra. Con un enfoque en la investigación aplicada y la creación de sujetos de prueba de antemano, los resultados de este estudio determinan que la planificación con Look Ahead o Last Planner es más efectiva. Esto da credibilidad a su uso como métodos de aumento de la productividad, ya que las herramientas mostraron una diferencia de cumplimiento del 8 % entre un porcentaje inicial del plan completado del 91 % y un porcentaje final del plan completado del 100 %. Después de aplicar estas herramientas a las muestras, los resultados obtenidos muestran que la planificación mejoró en un 14 %..

Vilcapoma (2016), desarrolla la investigación titulada:

Aplicación del sistema Last Planner y su influencia en la gestión operativa del proyecto “Mejoramiento y modificación de la línea de carga de concentrado en el patio ferroviario de la Sociedad Minera el Brocal” como tesis para optar el grado en la Universidad Continental de Huancayo-Perú. Teniendo como objetivo determinar la influencia de la aplicación del Last Planner System en la gestión operativa del proyecto ya mencionado y bajo la investigación de tipo tecnológica y nivel explicativo, con un diseño experimental, los propósitos del sistema Last Planner son reducir la incertidumbre en la planificación, aumentar la productividad y mantener los costos dentro de un presupuesto predeterminado. Esto se logra analizando los planes intermedios y semanales en busca de restricciones y

encontrando una asignación correcta de recursos basada en el análisis de las restricciones del cronograma. Finalmente, este sistema asegura que los proyectos cumplan con sus plazos de finalización completando un análisis de actividades en la última semana. Mediante el uso de técnicas como histogramas, análisis de correlación de Pearson y curvas de productividad, el sistema Last Planner proporciona recopilación de datos a través de: informes de producción de productos naturales (ISP) e informes de planificación diaria. Además, al clasificar los datos en curvas de productividad y diagramas de Pareto, ayuda a encontrar tendencias, detectar áreas de riesgo y detectar oportunidades de mejora. Al comparar estos resultados con los resultados reales obtenidos por todos los sistemas utilizados en proyectos gestionados por el Sistema Last Planner, queda claro que este sistema es una forma válida de gestionar cualquier tipo de proyecto civil. Redujo la incertidumbre al mínimo con su enfoque natural de la planificación al tiempo que proporcionó un alto grado de control sobre los cronogramas de ejecución de los proyectos. Además, superó las metas de rendimiento financiero en un 143,53 % y un 0,77 % en productividad.

De la Cruz y Neira (2019), realizaron la investigación titulada:

“Aplicación de la metodología Last Planner System en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el Distrito de Trujillo 2019” como tesis de pregrado para optar el grado de Ingeniero Civil por la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo-Perú. El objetivo de esta investigación fue disminuir los costos operativos por lo menos un 5% en la construcción de edificios de mediana altura en Trujillo; con un diseño de investigación de una sola casilla por considerar que las variables tienen una relación causa efecto, los métodos usados fueron inductivo y deductivo, las técnicas usadas fueron entrevistas a profundidad, información documentaria y juicio de expertos. Presenta en sus resultados una mejora de hasta el 23.70% en la disminución de costos operativos en la cadena de suministros comparado los costos

operativos del proceso logístico tradicional de la empresa y, concluye que, con la implementación de la propuesta y una adecuada gestión, se garantiza un mejor control de los materiales y la disminución de los costos operativos, y con una correcta aplicación la empresa Negocios e Inversiones.

A.J.C E.I.R.L. tendrá mayores beneficios, generando así una ventaja competitiva.

Collachagua. I. (2017) en su tesis: “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”, como herramienta de mejora de la productividad”, da como resultado lograr incrementar progresivamente la eficiencia con que se ejecutan los trabajos en obra, esto se da por el proceso de especialización de los trabajadores en las labores que realizan durante todo el periodo de ejecución de la obra.

Cosi, J. (2017), en su tesis : “Diagnóstico Y Evaluación De Los Niveles De Productividad En La Construcción Mediante La Filosofía Lean Construction En La Ciudad De Tacna” , concluyo mediante la herramienta de la carta balance que en 3 proyectos de infraestructura educativa evaluados , la ciudad de Tacna cuenta con un nivel de 41% de trabajo productivo , 34 % de trabajo contributorio y 25 % de trabajo no contributorio, esto quiere decir que cuenta con perdida superficial y alta presencia de perdida interna.

Cervantes, C. (2016), en su tesis: “Aplicación De La Filosofía Lean Construction En La Planificación, Programación, Ejecución Y Control De La Construcción Del Estadio De La Una – Puno” concluyo que mediante la aplicación de la carta balance y nivel general de actividad en la obra se obtuvo un TP = 36%, TC= 43% y TNC = 21% siendo el nivel muy por encima del promedio obtenido por Virgilio Ghio en 50 obras de Lima-Perú.

### **2.1.2 Investigaciones Internacionales.**

Parra (2017) en su estudio:

“Efecto del Last Planner System en la Productividad Total de los Factores en

Proyectos de Obras Viales, del 2019, tesis presentada para optar el grado de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Chimborazo, Río Bamba, Ecuador”, cuyo objetivo fue verificar el efecto del Last Planner System en la Productividad Total de los Factores, implementando para ello hasta la quinta actividad del SUP en un proyecto de obra vial a fin de medir indicadores de cumplimiento de planificación y productividad de los tres factores productivos (mano de obra, materiales, maquinaria y equipo) a través del cálculo del cociente entre lo que se gasta y lo que se gana. Por el análisis de los datos halla que no existe una relación directa entre el Last Planner System y la Productividad Total de Factores.

Alpízar (2017), en su estudio titulado:

“Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI”, tesis presentado para optar el título de Licenciado en Ingeniería en Construcción, por el Instituto Tecnológico de Costa Rica; con el objetivo de Diseñar el procedimiento de aplicación de la Metodología Last Planner System a proyectos de vivienda social de FUPROVI para optimizar el proceso de planificación, seguimiento y control de obras; mediante la investigación bibliográfica y su comparación con la forma de ejecución de los proyectos de la Fundación, encuentra que la aplicación del Last Planner System permite determinar las causas de atraso de las actividades para ejecutar gestiones encaminadas a su solución y, que la planificación en los tres niveles que tiene el Last Planner System son esenciales para propiciar un flujo de trabajo más fluido y constante.

Gonzales (2018), en el estudio de investigación titulado:

“Principios y Herramientas para la Administración del Mejoramiento de la Productividad en Obras de Edificación (Lean Construction)”, tesis presentado para optar el grado de Maestro en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México, presenta como objetivo principal la difusión de las herramientas y principios Lean Construction para potenciar el interés de profesionistas involucrados en los procesos de planeación, supervisión

y control de obras de edificación, interesados en mejorar los indicadores de desempeño en la productividad, calidad, costo y tiempos de la obra. Del análisis concluye que la aplicación constante y con voluntad de las herramientas y métodos Lean en un proyecto de construcción trae buenos resultados.

Ballard (2000), en el estudio:

“The Last Planner System of Production Control” concluye que el sistema de control de producción Last Planner, mejorado a través de los casos incluidos en la mencionada tesis doctoral, ha demostrado ser eficaz para lograr y mantener la confiabilidad de la programación por encima del nivel del 90% en el porcentaje de plan completado (PPC).

Sabbatino (2011) en la memoria:

“Directrices y Recomendaciones para una Buena Implementación del Sistema Last Planner en Proyectos de Edificación en Chile” de concluyo que un buen porcentaje de plan cumplido (PPC) y una liberación de restricciones a tiempo son un factor evidente para un desempeño óptimo de las programaciones a corto plazo. En lo que respecta a las causas de no cumplimiento (CNC) indica que son fundamentales para aprender de los errores y que la búsqueda de acciones correctivas son el principal pilar de la aplicación del mejoramiento continuo.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 La Filosofía Lean Construction.**

#### **a. Reseña Histórica**

El término "Lean" se originó en Japón a fines de la década de 1950 como resultado de un estudio realizado por ingenieros de Toyota Motor Corporation para mejorar la línea de producción; los resultados obtenidos al aplicar el sistema hicieron que sus plantas fueran más eficientes que la fabricación norteamericana debido a la menor cantidad de recursos y requisitos de tiempo los fabricantes pueden producir vehículos de manera más eficiente, lo

que reduce significativamente los errores de fabricación (Rodríguez, 2018).

El jefe de producción de Toyota, Taichi Ohno, creó el Sistema de producción de Toyota, o TPS, basado en la necesidad de crear pequeñas cantidades, muchos productos diferentes y con poca demanda. En comparación con los métodos de producción en masa que se utilizan actualmente en los EE. UU., TPS fue un éxito (Pons, 2014).

En 1992, Lauri Koskela comenzó a implementar este concepto en el campo de la arquitectura, sistematizando los conceptos de gestión moderna más avanzados en el informe técnico No. 72 "La aplicación de nuevos conceptos de producción en arquitectura" elaborado por el Grupo de Investigación CIFE de la Universidad de Stanford, proponiendo que se debe mejorar la producción al eliminar el flujo de materiales, y las actividades de conversión aumentarán la eficiencia; se propone echar un vistazo a la construcción a través de una nueva lente podría proporcionar mejores resultados. Nuevos conceptos y métodos entran para cambiar la forma en que se ve la construcción. Desde una perspectiva de construcción Lean, esto significa crear valor a través de sistemas de producción que minimizan o eliminan procesos. Esto puede conducir a tiempos de finalización de proyectos más rápidos y productos de mayor calidad. Esto permitiría la creación de mejores proyectos con muchas fases, etapas e ideas generales (Koskela, 1992).

### **2.2.2 Conceptos y Herramientas Lean Construction.**

- Procesos de producción

Los diferentes procesos se pueden ver desde una perspectiva de creación de valor para los clientes, materiales y flujo de información o de entrada a salida (Ballard, 2000).

- Modelo de producción convencional

En la industria de la construcción el modelo de conversión es el que ha dominado, considera entradas, la transformación (conversión) y salidas, como se aprecia a continuación:



*Figura 2. Producción Convencional en la industria de la construcción*

*Fuente: Botero, 2000.*

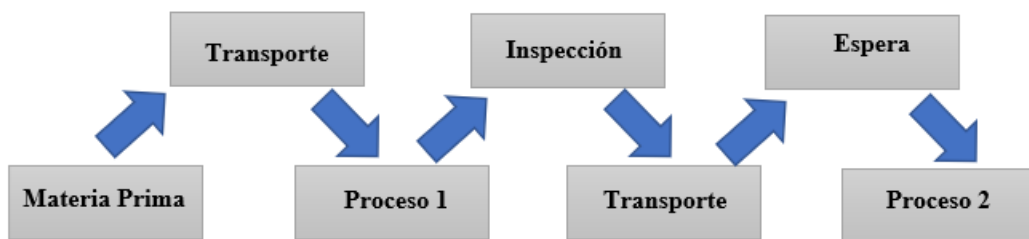
El proceso de construcción de la ingeniería civil es uno de los procesos de producción más complejos porque la mayor parte del costo total ocurre en actividades de proceso en lugar de actividades de conversión que generan valor, por lo que una gestión deficiente del control de procesos puede conducir a actividades de mejora de conversión más complejas. Para mantener el plan de producción tradicional, habrá pérdidas en el proceso de producción, que solo se pueden encontrar con un plan, lo que resultará en varios desperdicios de proyectos de construcción. Es importante recalcar que el 50% del tiempo de un trabajador en el puesto de trabajo se ve interrumpido por envíos, esperas o falta de materiales o instrucciones, reprocesos, etc. (Botero, 2000).

### **2.2.3 Nueva forma de producción para la construcción.**

Lean Construction es una nueva forma de ver la producción, diseñando sistemas de producción para minimizar el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo, y generar el mayor valor posible; durante el diseño y la construcción, midiendo la información, en función de su desperdicio y valor agregado, Flujo de materiales y flujo de trabajo. valor. Esencialmente una doble visión de la producción: transformación y flujo, donde la eficiencia productiva se atribuye a la eficiencia del proceso de transformación y al flujo de actividades a través de las cuales se vincula el proceso de transformación, mejorando el flujo reduciéndolas o eliminándolas y haciendo que el proceso de transformación sea más

eficiente (Koskela, 1992).

No es un modelo o pasos fijos, sino una nueva filosofía dirigida a comprender sus principios y aplicarlos a la creación y uso de herramientas "lean" para gestionar proyectos de construcción, reconociendo que la producción es el flujo de materiales e información desde las materias primas hasta productos al final, el material está siendo procesado o convertido, es inspeccionado y está en movimiento o esperando ser movido (Ghio, 2001).



*Figura 3. Producción Lean elaborado*

*Fuente: Koskela, 1992.*

Su implementación comienza con el compromiso de una cultura de mejora continua en la producción para que, una vez aplicados correctamente los principios “lean”, mejoren la calidad, seguridad y eficiencia de un proyecto. (Issa, 2013).

#### **2.2.4 Seis formas de ser Lean y vencer a la competencia con tecnología de construcción.**

Mossman(2009) “Creación de valor: una forma suficiente de eliminar el desperdicio en el diseño esbelto y la producción ajustada” (p. 13).

El movimiento Lean está ganando popularidad en el mundo de la construcción, y con razón: se trata de eliminar el desperdicio y aumentar las actividades de valor agregado.

¿Quién no querría eso?

Entre una mirada de otros beneficios, eliminar los desechos del proceso genera mayores ganancias, reduce el riesgo, mejora la seguridad, acorta los programas y mejora las

relaciones. Algunos tipos de desperdicio según lo definido por Lean incluyen: 1) transporte excesivo, 2) Inventario, 3) Movimiento innecesario, 4) Espera, 5) Procesamiento excesivo, 6) Producción excesiva, 7) Defectos y 8) Talento infrautilizado. Una publicación anterior cubrió este tema con mayor profundidad.

Además de abordar estos desperdicios con procesos lean típicos como el Last Planner System, 5S, Value Stream Mapping, etc., ¿Cómo puede aprovechar la tecnología para reducir los desperdicios? A continuación, se muestran seis categorías de tecnología que deberían considerar.

- Software De Colaboración / Gestión De Proyectos Web Y Móvil.

Si bien esta puede ser la categoría de tecnología menos emocionante, definitivamente es la más necesaria. Un día típico para un profesional de la industria AEC implica un 55-65 % de desperdicio mientras busca información, duplica datos en múltiples sistemas, agrega datos de diferentes sistemas, crea más hojas de cálculo de las necesarias para rastrear información (debe crear datos automáticamente), están en el sitio con conexiones lentas y la tecnología no puede proporcionar a las personas toda la información que necesitan, en cualquier dispositivo, en cualquier momento. Si todavía usa Excel y Outlook para administrar sus proyectos, o si su antigua tecnología basada en servidor no brinda a las personas la información que necesitan en cualquier momento, en cualquier lugar y en cualquier dispositivo... es hora de un cambio(Constructivo, s. f.).

- Diseño virtual y modelado de información de construcción / Construcción (Vdc / BIM)

Las herramientas de diseño y coordinación basadas en modelos 3D se denominan VDC o BIM. Permiten a los clientes ver el producto terminado en 3D, que es mejor que un plano de planta en 2D que la mayoría de la gente no puede ver. Tener un modelo 3D de un proyecto ahorra tiempo y dinero al permitir que los clientes entiendan el producto final antes

de que comience la construcción, en lugar de tener que hacer cambios de última hora o corregir errores. Usando modelos 3D y detección de colisiones, los ingenieros pueden modelar múltiples sistemas (MEP, estructural, edificio) juntos y detectar cuándo habría un conflicto. Este paso lleva la productividad y la prefabricación a un nuevo nivel, e incluso puede ayudar a reducir el desperdicio que ocurre cuando se deben cambiar los planos del sitio. Yendo aún más lejos, el modelado 4D y 5D está disponible (basado en planos de construcción), proporcionando información de costos y el marco de tiempo en el que se construirán las cosas. Sin embargo, para proyectos más pequeños, lo mejor es utilizar la detección de colisiones y el modelado 3D. Ahora hay herramientas disponibles que pueden ayudar a los ingenieros a modelar sus sistemas sin conflictos, lo que hace que el proceso sea más eficiente (Constructivo, s. f.).

- Realidad Virtual Y Aumentada (Ar/Vr)

Los modelos 3D y sus contrapartes de realidad aumentada y virtual son similares a los dibujos 2D y modelos 3D. Tanto AR como VR permiten que una persona vea el espacio de una manera diferente que antes, donde el salto anterior en la visualización es incluso mayor que el salto de dibujos 2D a modelos 3D. La parte más emocionante de esta tecnología es que no solo puede verlo, sino que también puede interactuar con lo que está viendo. Por ejemplo, si está diseñando una nueva sala de operaciones, los médicos pueden caminar por el espacio y mover los brazos umbilicales virtuales para asegurarse de que tengan suficiente espacio para trabajar. Las sesiones de AR colaborativas se pueden utilizar para actualizar documentos de diseño, obtener respuestas a RFI y experimentar juntos entornos de RA de varios jugadores. Varias personas pueden ver el mismo modelo, ver lo que ven otras personas y empujar contra las paredes con las manos para actualizar el modelo. Todo esto se puede hacer en una sola sesión de colaboración, mucho más rápido que los métodos tradicionales.(Constructivo, s. f.)

- Mejora / Reemplazo De Trabajadores

Algunas herramientas son conscientes de su ubicación y pueden cortar exactamente donde necesitan siempre que el operador las mantenga cerca del lugar correcto. Otros exoesqueletos pueden soportar cientos de libras de peso, lo que hace posible que una persona perfora una pared de concreto sin tener que sostener el taladro ella misma. Los humanos pueden producir mucho más trabajo con mucho menos esfuerzo gracias a tecnologías como la impresión 3D de estructuras completas y máquinas que colocan ladrillos y bloques de cemento automáticamente. Estas tecnologías realmente están mejorando el potencial de los humanos.(Constructivo, s. f.)

- Sensores y Wearables

Hoy en día, tenemos tecnología que puede rastrear cuánto tiempo pasan las personas trabajando y cuánto tiempo pasan viajando por un espacio de trabajo. Con esta información, se verían problemas aparentes, como el hecho de que pasaban demasiado tiempo caminando y buscando cosas, en lugar de trabajar. Sus tarjetas de horas podrían incluso generarse para usted automáticamente, mientras esta tecnología está en uso. Con alertas automáticas, la máquina podría conocer la temperatura, el polvo en el aire y la frecuencia cardíaca de todas las personas que trabajan allí. Podría saber cuándo alguien está empezando a cansarse y necesita ayuda.(Constructivo, s. f.).

- Programación Automatizada

¿Crees que eres bueno programando? Tal vez debería intentar ver los 15 millones de configuraciones posibles del plan en función de los números extraídos del modelo BIM, el tamaño del equipo y su productividad. ¿Puede su programa elegir automáticamente la mejor configuración de horario entre esos 15 millones, si cambia el modelo o el tamaño del equipo? Están disponibles tecnologías de programación que pueden programar citas y eventos automáticamente, eliminando la necesidad de mano de obra humana y eliminando el

desperdicio que se produce cuando los horarios no son eficientes.(Constructivo, s. f.).

### **2.2.5 Principios del Lean Construction para el mejoramiento del proceso de producción**

Estos principios se centran en el proceso de planificación y finalización de proyectos, y deben aplicarse en la industria de la construcción solo si las personas involucradas en el proyecto se enfocan en mejorar todo el proceso de gestión y reúnen a todas las partes involucradas en el proyecto para desarrollar un nuevo enfoque de producción. Los principios son los siguientes:

- Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor
- Incremento del valor del producto
- Reducción de la variabilidad
- Reducción del tiempo del ciclo
- Simplificación de proceso
- Incremento de la flexibilidad de la producción
- Transparencia del proceso
- Enfoque del control al proceso completo
- Mejoramiento continuo del proceso
- Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión
- Referenciación (Koskela, 1992)

### **2.2.6 Objetivos del Lean Construction para el mejoramiento del proceso de producción.**

- Diseñar en conjunto el producto y el proceso
- Controlar la producción durante toda la vida del proyecto (desde el diseño hasta su entrega)

- Reducir las actividades que no agreguen valor al producto
- Reducir la variabilidad del proyecto
- Maximizar el rendimiento para el cliente a nivel de proyecto (Howell, 1999)

### **2.2.7 Productividad.**

Es la relación entre lo producido y lo consumido o recursos utilizados, siendo afectada por todos sus componentes: materiales, equipo, terreno, mano de obra, proyectistas, directivos, proveedores, etc. y se mide en relación al trabajo (Serpell, 1986). El resultado de la distribución de la producción entre los medios utilizados para dicha producción (Ghio, 2001). Mide la eficiencia del manejo de recursos para producir un producto específico en un tiempo específico y con un estándar de calidad específico, ya que la productividad se refiere al proceso de transformación mediante el cual los insumos necesarios para producir un material, mercancía o mercancía son un servicio y pueden ser. En última instancia, se vende como un producto o servicio terminado (Cantu, Moreno, Gallina y García, 2009).

Ghio (2001) explicó que la productividad es el resultado de dividir la producción entre los recursos utilizados en la producción. “El método de definición de la productividad muestra la relación entre producción y gasto” (Botero y Álvarez, 2004). Para Guzmán (2014), la productividad puede definirse como “la relación entre la producción que logra un sistema productivo y los recursos que utiliza (p. 23).

Especialmente en ingeniería industrial, la producción siempre ha sido el centro de la investigación y el procesamiento. Se ocupa principalmente de la fabricación (hacer cosas), con especialización en construcción, mantenimiento de plantas, mantenimiento de edificios, agricultura, silvicultura, minería, pesca y muy poco en diseño e ingeniería. Nos enfocamos en crear cosas más que en diseñarlas. (Ballard, 2000).

Construcción en progreso, definida como "una medida de la eficiencia con la que se administran los recursos para completar un proyecto específico dentro de un período de

tiempo específico y con estándares de calidad específicos". Su desempeño incluye tanto la eficiencia como la eficacia. (Botero y Álvarez, 2004).

Los edificios tienen tres tipos de producción, dependiendo del tipo de recurso. Productividad material, productividad laboral y productividad del equipo de la máquina. Juntos representan la productividad del diseño (Serpell, 2002).

### **2.2.8 Categorías de trabajo dentro de una faena.**

#### **a. Trabajo No Contributivo (TNC)**

Hay muchas razones por las que el tiempo en el trabajo no puede considerarse tiempo productivo. Este tiempo podría pasar sin los materiales o la orientación necesarios, demorando demasiado en una tarea, arreglando un trabajo mal hecho, moviendo materiales más de 10 metros y otras actividades innecesarias. Estos tiempos tienen un valor monetario, pero no agregan ningún valor al producto final. Las empresas intentan eliminar estos tiempos para mejorar su proceso productivo.

#### **b. Trabajo Contributivo (TC)**

Considerado una pérdida de segunda clase, el trabajo original innecesario no agrega valor al proyecto de construcción y se realiza solo para apoyar otro trabajo productivo. Las actividades que requieren consulta, planificación, comprobación y medición, reparación y ajuste de herramientas y equipos, eliminación de basura y escombros e incluso tiempo libre pueden caer en la categoría de trabajo original innecesario.

#### **c. Trabajo Productivo (TP)**

Es el trabajo que aporta directamente a la construcción como: erección, montaje, armado, desmontaje, fabricación, terminaciones, etc. (Serpell, 1986).

### **2.2.9 Variabilidad.**

Los proyectos de construcción son sucesos aleatorios que no se pueden evitar o

eliminar por completo. Estos eventos existen en todos los proyectos y ocurren en función de la complejidad, la velocidad, la ubicación y el contexto, en lugar de eventos predichos basados en las influencias internas y externas del sistema. buscar. (Rodríguez, 2012).

La variabilidad en la duración de la actividad aumenta la cantidad de actividades sin valor agregado. Su ausencia conduce a una planificación fiable (Krupka, 1992).

La variabilidad es la heterogeneidad de una clase de entidades que está estrechamente relacionada con la aleatoriedad de los fenómenos. La desviación estándar y la varianza son medidas de la variabilidad de la muestra o del proceso (Hopp y Spearman, 1996).

#### **2.2.10 Just in Time (JIT).**

JIT es un enfoque de pensamiento comercial que se enfoca en detectar y eliminar el desperdicio en los procesos comerciales. Al hacer esto, JIT lleva a las empresas a lograr grandes cosas al hacer que sus líneas de producción sean extremadamente eficientes, al reducir al mínimo la cantidad de inventario, al acortar los tiempos de preparación, al cambiar las herramientas y al reducir la cantidad de errores en sus productos. La calidad del sistema se mantiene mediante un sistema tripartito formado por el cliente, el diseñador y la línea de producción. (Pérez, 2014).

El concepto de desperdicio (pérdida) es la piedra angular del Justo a Tiempo, así como la eliminación de las pérdidas a través del mejoramiento continuo de los procesos, las operaciones y la tecnología (Valencia, 2018).

En Perú, el pensamiento y la planificación Just in Time deben planificarse minuciosamente y buscar buenos proveedores, ya que los proyectos dependen de la calidad de su entrega. (Guzmán, 2014).

#### **2.2.11 Curva de aprendizaje.**

Wright estudió la rapidez con la que los trabajadores podían completar los trabajos y

reveló que a medida que los trabajadores adquirían más experiencia en la realización de las tareas, la cantidad de tiempo que les tomaba hacer el trabajo disminuía. Se descubrió la relación entre la cantidad de aprendizaje y la disminución del tiempo dedicado a un trabajo: cuando un trabajador realiza un trabajo  $n$  veces, el tiempo necesario para completar el trabajo se reducirá en un % de los alumnos ganados. (Guzmán, 2014).

#### **2.2.12 Sectorización.**

Los lotes de producción o sectores se crean dividiendo piezas de trabajo grandes en partes más pequeñas. Estos pequeños lotes continúan con el siguiente paso en el proceso. De esta manera, los recursos utilizados en el trabajo se dividen en sectores, beneficiando así a todo el sistema de producción (Serpell, 1993).

La sectorización de la construcción implica dividir el trabajo en segmentos más manejables para formar equipos de trabajo, dividir a los trabajadores en áreas especializadas y aprovechar las curvas de aprendizaje para optimizar el desempeño individual..

#### **2.2.13 Tren de actividades.**

El volumen de trabajo se divide en porciones más pequeñas, lo que crea una relación de dependencia y reduce la holgura al hacer que todas las actividades del tren sean críticas. Este método se puede utilizar en actividades lineales y no lineales, y es una metodología de programación lineal. (Ghio, 2001).

Guzmán (2014) concluye diciendo que:

Como principales ventajas de la aplicación de los trenes de trabajo se tiene:

- Incrementa la productividad.
- Mejora la curva de aprendizaje.
- Se puede saber lo que se avanzara y gastara en el día.
- Se puede saber el avance que se tendrá en un día determinado.

- Disminuye la cantidad de trabajos rehechos. (p. 29)

#### **2.2.14 Buffers de tiempo.**

Esta es una medida contra la volatilidad (Ballard, 1993). Concebida como un amortiguador o buffer, como una forma alternativa de contrarrestar los efectos negativos de la variabilidad arquitectónica (Rodríguez, 2012). La construcción ajustada (Último planificador) ayuda a reducir la aleatoriedad de los proyectos, pero aún existe una variabilidad descontrolada. Para compensar esto, los planificadores recomiendan el uso de zonas de amortiguamiento en la planificación para proteger los proyectos del impacto negativo de las fluctuaciones. (González y Alarcón, 2003).

Chávez y de la Cruz (2014) demuestran que “debido a las grandes diferencias estructurales, el material de amortiguamiento actúa como un 'amortiguador' diseñado para evitar pérdidas en el improbable evento”.

Para su mejor comprensión se clasifican en:

Contingencias: cantidades en tiempo o costo, que permiten manipular y dirigir futuros imprevistos (Horman, 2000). Es una práctica usual en los proyectos de construcción y es aplicable a programas y presupuestos.

Inventarios: son stocks de elementos en exceso, stocks de seguridad, WIP, e inventarios de bienes terminados (Horman, 2000). Las LOB y GV hacen uso en forma implícita de Buffers de WIP entre procesos.

- Tiempo (incluyendo el flujo de trabajo): entendidos como colas, lotes, deliberadas pausas de producción, flujos reguladores y holguras en el programa (Horman, 2000).

- Capacidad Operacional: entendido como utilización flexible de mano de obra, de plantas y equipos, de modo que se ajusten a la demanda actual (Horman, 2000). En el ambiente de la construcción un Buffer de este tipo implica, por ejemplo, poseer mano de obra que se ajuste a los requerimientos variables de producción. (Ballard, G, & Howell, G,

1995).

- Planes: representados fundamentalmente por los ITE del Último Planificador (Ballard y Howell, 1995).

### **2.2.15 Last Planner System (Sistema del Ultimo Planificador).**

Su nombre completo es Last Planner System of Production Control. El control de producción es una herramienta que se utiliza en los proyectos basados en la producción para ayudar a que el proyecto avance con los logros planificados, continuar por un camino que se ha planificado y determinar otros caminos que seguirán logrando los objetivos del proyecto. Es un principio de la metodología Lean Construction desarrollado por los investigadores Ballard y Howell que aplica el control de producción en proyectos de construcción al reducir la incertidumbre que implica la planificación. La implementación del control de producción requiere: controlar la unidad de producción, controlar el flujo de trabajo, analizar qué restricciones o problemas de capacidad pueden existir y analizar la compatibilidad de la carga de trabajo y la capacidad. El control de producción contrarresta varios obstáculos comunes en los proyectos de construcción, como la falta de análisis de los errores de programación y sus causas, la falta de mediciones del desempeño en términos de tareas completadas, la planificación que se basa completamente en la experiencia y la intuición del gerente del proyecto, y más. (Castro y Pajares, 2014).

LPS es un sistema de control de producción para la industria de la construcción desarrollado en la década de 1990. Glenn Ballard, uno de los inventores de LPS, fue gerente de productividad en Brown and Roots Construction en los EE. UU. en la década de 1990. Algunos de los principios clave de LPS de la década de 1980 fueron obligados a practicar durante este período. Por ejemplo, preparar a los trabajadores para el desempeño de sus funciones y protegerlos de una ubicación inadecuada. Pasaron otros diez años antes de que LPS se introdujera formalmente como un sistema de control de producción. El despachador

final es el individuo o el equipo que asigna trabajo a los trabajadores de campo y se comunica directamente con ellos. Están en las etapas finales de planificación y asegurando que todos los planes se comuniquen efectivamente al personal de campo (Cárdenas, 2003). Puede consultar el siguiente plan.



*Figura 4.* Formulación de las asignaciones en el planeamiento Last Planner.

*Fuente:* Ballard, 2000.

En los proyectos de construcción con esquemas tradicionales, se invierte mucho tiempo y dinero en la generación de presupuestos y cronogramas de trabajo, con una planificación inicial del trabajo para controlar durante la ejecución de la construcción (Rodríguez, 2012).

Ballard también propuso la herramienta PPC (Porcentaje de finalización planificada) para verificar el cumplimiento del plan operativo semanal, que mide la eficiencia del plan operativo al comparar el número de actividades completadas en una semana con el número total de actividades planificadas en la semana. como su verdadera confiabilidad (Ghio, 2001).

Sistema 1 (LPS). El sistema fue diseñado y desarrollado a través de la investigación de acción de Glenn Ballard y Greg Howell a principios de la década de 1990. El objetivo de la LPS es mejorar el diálogo social, la claridad continua de la comunicación, una mejor

coordinación y una planificación basada en el compromiso. , para generar flujos de trabajo predecibles y aprendizaje rápido LPS es visto por muchos como una herramienta para ser utilizada solo durante la fase de construcción de proyectos de inversión. Sin embargo, también se usa (pero no se limita a) en otros escenarios de proyectos, como la implementación de software empresarial y la construcción naval, así como en las fases de adquisición, diseño, puesta en servicio y desmantelamiento. Se puede usar en cualquier lugar donde se requiera coordinación entre humanos. El LPS es la puerta de entrada al comportamiento Lean y la base para la entrega de proyectos Lean.. Es un sistema de piezas interconectadas que se utiliza en cinco niveles de planificación y control de la producción. Para maximizar la eficacia de LPS, el kit debe contener todos los elementos del sistema. Investigaciones recientes muestran que los equipos a menudo se desempeñan mal a LPS.

Los entrenadores de LPS, Dan Fauchier y Dave Umstot, comparan los niveles de LPS DEBE, PUEDE y VOLUNTAD con el nivel de detalle que ve cuando mira desde un avión a diferentes altitudes: cuanto más cerca está el avión del suelo, más detalles puede ver. Los cinco niveles de LPS se muestran en la Figura 5.

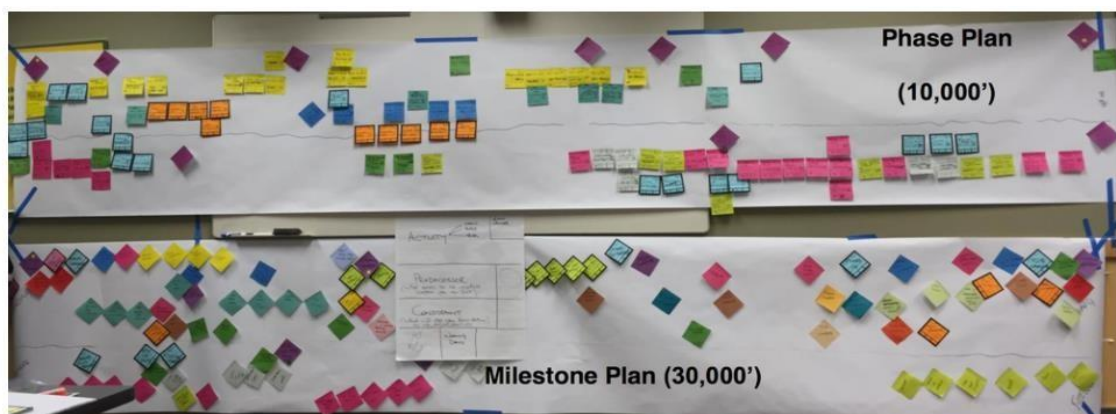


Figura 5. Esquema de procedimiento Last Planner.

**a. NIVEL 1: ¿QUÉ DEBERIA HACERSE?**

El primer nivel incluye planes de hitos (30,000 pies planos) y planes de fase para todo el proyecto. Construya una comprensión común del alcance, los hitos clave, las restricciones clave y el flujo de trabajo lógico durante un período de dos meses (vista de 10,000 pies). La figura 2 muestra el plan paso a paso y los hitos. Un plan de demolición ayuda a definir la estrategia del proyecto y articula los términos de rendimiento (CoS) para la entrega y aceptación del trabajo. También comunique cómo su trabajo en Last Planners® 1 afecta su otro trabajo.

El objetivo es establecer un entendimiento común de la implementación del proyecto y crear un entorno para la planificación y coordinación conjuntas. La planificación de extracción ayuda a comunicar su mensaje de manera temprana al orientar los cambios cuando se alcanzan ciertos hitos. Esto a menudo puede identificar malas noticias.. Un área gris contractual entre acuerdos o brechas en la cobertura del proyecto durante las primeras etapas de planificación y adquisición. Pero, ¿cuándo las malas noticias se convierten realmente en buenas noticias? Esto permite que el equipo explore soluciones alternativas en la pared en lugar de en el campo.. (4econstruccion, s. f.)



*Figura 6.* Planes de extracción de hitos y fases.

*Fuente:* Adaptado por Paul E.

## b. NIVEL 2: ¿QUÉ SE PUEDE HACER?

Los proyectos de construcción generalmente requieren seis semanas de planificación anticipada. Sin embargo, LPS usa la ventana esperada para preparar el plan. La diferencia no es solo mirar hacia el futuro y hacer preguntas. ¿Estás listo para esta misión? Escanea activamente todas las restricciones activas. Este es un simulacro de despeje de carreteras. Se alienta a los equipos a usar cada uno de los ocho procesos 7 en la Figura 3 como disparadores. El evento se planeó con más detalle, como verlo desde 1,000 pies desde el avión. A continuación, cree el plan de cuotas directamente desde el plan de cuotas. La duración del programa depende del tiempo que tarde en levantarse el tope. Por lo general, toma de 6 a 8 semanas antes de que pueda hacer el trabajo que quiero de manera confiable.

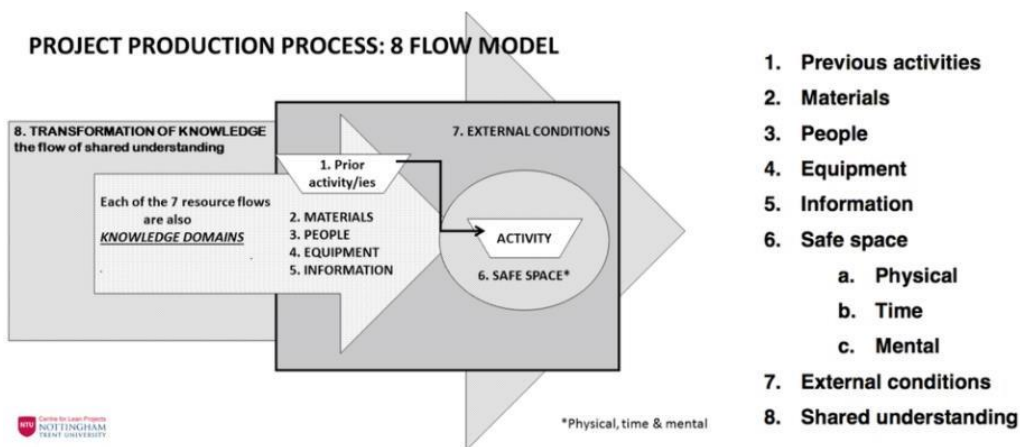


Figura 7. Los 8 flujos de la construcción ajustada.

Fuente: Adaptado por Christine P.

El registro de restricciones registra todas las acciones necesarias para liberar la restricción y cuándo fue la última responsable. Al asegurarse de que cada actividad se pruebe contra las restricciones en los ocho flujos, el trabajo que se puede hacer se convierte en trabajo que se hace. (4econstruccion, s. f.).

**c. NIVEL 3: ¿QUÉ SE HARÁ?**

Un sólido plan de trabajo semanal (WWP) evolucionó a partir de un plan de preparación, ya que todas las actividades se entienden como ilimitadas. Luego, haga un compromiso sólido de trabajar durante las próximas dos semanas, creando un trabajo predecible. No se buscarán compromisos durante este período, ya que el futuro está demasiado lejano para hacer predicciones confiables. Ejemplos de promesas sólidas son: "Haré x en y fecha/hora", "Haré esto si..." o simplemente "No".

Hay cinco reglas para hacer una promesa confiable. Dadas las siguientes reglas, si los planificadores finales tienen alguna duda sobre cómo implementar estas reglas, deben decir "no". Esto desencadena una actividad de limpieza de ruta. De lo contrario, dice "sí" sin calificar y se convierte en su compromiso y se usa como una métrica de actividad - Porcentaje de promesa cumplida (PPC).

- 1 Acceda a la competencia antes de hacer una promesa
- 2 Comprender la condición de satisfacción
- 3 Incluyendo un tiempo realista para la finalización, consideraciones de calidad / seguridad, etc.
- 4 Asegúrese de que la capacidad esté disponible y asignada.
- 5 Asegúrese de que no se produzcan conversaciones tacitas que entren en conflicto con la promesa.
- 6 Aceptar la responsabilidad por el fracaso y volver a revisar el proceso de aprendizaje.



Figura 8. Tablero típico del plan de trabajo semanal.

Fuente: Elaborado por Paul E.

Las etiquetas de diferentes colores (Post-its) en la Figura 8 ilustran diferentes industrias: Demolición, Eléctrica, Mecánica, etc. Las pestañas en forma de diamante muestran las promesas que el Dashboard de WWP no había cumplido en semanas anteriores. También muestra el PPC y un backlog procesable (o plan B) para hacer si el plan A tiene nuevas restricciones. LPS es lo suficientemente resistente y ágil para facilitar los cambios inevitables en los planes. Los planes siguen siendo reales y el panel de control de WWP refleja el trabajo real que se está realizando en un formato visual colorido y fácil de leer. Otro beneficio de las reuniones de WWP es la capacidad de determinar rápidamente el estado de los proyectos y/o actividades. (4econstruccion, s. f.)

**d. NIVEL 4: ¿QUÉ SE HIZO, ¿ES DECIR, DID?**

Actualice, gestione y realice un seguimiento del estado de los compromisos en las reuniones diarias. Esto ayuda con el aprendizaje y la reprogramación cuando sea necesario para mantener el plan realista. Cuando se completa una actividad, el último programador que posee la etiqueta la marca como "terminada (/)". Luego espere a que la "siguiente" persona

o administrador/supervisor del sitio lo marque como "Listo, Listo (X)", solo si puede confirmar que la actividad está 100% completa. Esto tiene el efecto de reducir la repetición del trabajo porque el trabajo se entrega correctamente la primera vez.

En el nivel 4, aparecen nuevas restricciones todos los días. Abordar estos problemas ayuda a garantizar que se mantengan flujos de trabajo confiables. PPC utiliza diagramas de Pareto para cálculos diarios y tendencias semanales. Mide qué tan bien los equipos trabajan juntos y coordinan acciones. Pero tenga en cuenta que el PPC solo debe usarse para medir el rendimiento del equipo y no de los socios individuales, ya que un incumplimiento del compromiso siempre debe centrarse en la falla del sistema, es decir, por qué no quién. Deming afirmó que el sistema estaba defectuoso aproximadamente el 94% del tiempo. La lista de motivos de la categoría de incumplimiento de compromiso (RMC) debe reflejar los problemas del sistema. El contenido de la lista RMC varía según el equipo y también depende del tipo o etapa del proyecto que utiliza el LPS. El siguiente es un ejemplo típico de una fase de construcción. El número asignado a la lista RMC (y posiblemente un análisis de 5 causas) se registra en el reverso de cada etiqueta de actividad faltante (rombo en la Figura 4). Investigue los problemas que más afectan su programación lo más rápido posible con un taller de análisis de causa raíz dedicado.

1. Mala planificación
2. Trabajo prioritario
3. Problema de diseño
4. Inspección fallida
5. Materiales no disponibles
6. Equipo no disponible
7. Mano de obra no disponible
8. Información no disponible / actualizada

9. Envíos / aprobaciones
10. Contratos / ordenes de cambio
11. Tiempo
12. Me olvide
13. Condiciones imprevistas
14. Malentendido / CoS poco claro

¿Puedes ver cómo esta lista de RMC se relaciona con cada uno de los 8 flujos que mencioné antes? Esto enfatiza el valor del proceso de preparación y cómo el aprendizaje se incorpora al sistema en cada nivel.

Completar estos cuatro niveles del Sistema Last Planner le dará una visión general de muy alto nivel de los niveles importantes del Sistema Last Planner. El LPS es un sistema sociotécnico que promueve muchos comportamientos lean deseables. La premisa detrás del sistema es simple, pero los beneficios a menudo no se obtienen debido a la disminución del uso de LPS o LPS infrautilizados por el equipo. La aplicación adecuada de todos los niveles de LPS (debería, podría, se completará) es fundamental para el éxito de los resultados sostenibles. Sin embargo, recomendamos enfáticamente contratar a un capacitador interno o externo competente de LPS para facilitar su éxito. En mi experiencia, el primer contacto que recibe su equipo de LPS es fundamental para su éxito. Un enfoque deficiente a menudo conduce al rechazo de LPS por parte del equipo (o de los miembros del equipo) debido a la falta de capacitación y orientación adecuadas.

El último planificador proporciona las herramientas para una planificación exitosa a largo plazo. Comienza reduciendo el cronograma a un plan a mediano plazo llamado "Mirando hacia el futuro". Los límites que afectan a las actividades presentes en el plan se cambiarán a un plan semanal que incluye todas las actividades para pasar a un plan más corto que no esté limitado por el pronóstico. Será inconveniente ceñirse a los planes hechos esta

semana. (4econstruccion, s. f.)

**e. NIVEL 5: ¿DE QUÉ NECESITA APRENDER EL EQUIPO ...?**

Aprender de las fallas del programa (análisis de causa raíz) es fundamental para evitar que vuelva a ocurrir el mismo problema. Esto mejora los sistemas y procesos generales del proyecto. Esto se hizo a través de more/delta (donde las cosas salieron bien y se podían mejorar), conclusiones (lo que aprendimos hoy), análisis de RMC de 5 causas y talleres de análisis de causa raíz. (4econstruccion, s. f.)

**2.2.16 Programación Maestro**

Es la primera herramienta con que se trabaja a nivel macro por la planificación inicial de toda la obra, de todas y de cada una de las actividades que la componen, de manera general, en la que se fijan hitos con una planificación simple, con menor esfuerzo y tiempo y con mayor confiabilidad a fin de lograr los objetivos (Ghio, 2001)

Es la programación base para todo el sistema Last Planner, de ella derivarán las programaciones de mediano y corto plazo, por lo que debe realizarse tomando en cuenta el desempeño real de la empresa en obra. Permite lograr acuerdos contractuales entre cliente, contratista y otros miembros del equipo del proyecto.

**2.2.17 Programación intermedia**

Conocida también como Pull Planning o planificación jalonada, que hace parte de las técnicas macro o generales del LPS con el objetivo de alinear los recursos de forma anticipada, para evitar sobreproducción y mala planificación del proceso constructivo Puede definirse como la planificación de actividades de atrás hacia adelante (Hoyos y Botero, 2017).

Su desarrollo requiere la interacción de todos los profesionales involucrados en la ejecución de los contratos. Para ello, la actividad propuesta debe ser un hito en la ejecución

de la obra, general, de largo plazo y suficiente para crear/actualizar el plan maestro de la partida de obra. Su implementación en proyectos ayuda a los equipos de trabajo a encontrar procesos de colaboración inclusivos, transparentes y flexibles y elimina la sobreproducción. También puede detectar malentendidos entre los miembros del equipo y eliminarlos. Por esta razón, extraer el ciclo planificado, hacer, verificar, actuar requiere la participación continua de los miembros del equipo. Esto requiere una importante inversión inicial de recursos, equilibrada en el tiempo con el nivel de detalle requerido y la cantidad de ejecución. Tiempo dedicado a colaborar. Asimismo, como herramienta, define quién debe hacer qué y cuándo, monitorea los compromisos recibidos y asegura que se identifiquen todas las restricciones antes de que comience una actividad. (Tiwari y Sarathy, 2012).

Pull planing a menudo revela la necesidad de lotes de trabajo controlados (segmentos), entrega justo a tiempo, mejor equilibrio de recursos y plazos de entrega más cortos. Los flujos de trabajo son más confiables y eficientes ya que se eliminan los tiempos de espera, las redundancias y el procesamiento excesivo. (Lean Construction Institute., 2013).

#### **2.2.18 Lookahead Plan.**

La planificación intermedia o previa es el siguiente nivel de planificación LPS. Su desarrollo comienza con la definición de plazos en función de la complejidad del proyecto, la especificidad del evento y la capacidad de respuesta de la empresa constructora y sus proveedores. Para obtener el rendimiento adecuado, recomendamos crear un mapeo detallado del flujo de valor de su empresa. Especialmente para las empresas que comienzan a implementar herramientas Lean, es bueno definir la cantidad de semanas en las que la restricción de espera puede cumplirse por completo. Bloques de trabajo (Hoyos y Botero, 2017).

Planificación de recursos futuros. Identifique el trabajo a realizar con 3 a 5 semanas

de anticipación. En consecuencia, apunta a requerimientos razonablemente previsibles de materiales, información, equipo y maquinaria, mano de obra y capital. Es como una cubierta protectora. Protege la generación de otros efectos. Una proporción significativa de los factores que afectan la eficiencia y la productividad de las fábricas son causados inherentemente por el hecho de que los recursos requeridos no están disponibles cuando se necesitan (Ghio, 2001).

Su objetivo principal es aclarar qué se puede hacer para las cosas planificadas y gestionar las limitaciones existentes de una manera que no cause retrasos. Su implementación requiere la identificación y participación de los materiales necesarios para la realización de las actividades, así como del personal responsable de las mismas. Evite desviaciones y retrasos al planificar en detalle las tareas del proceso requeridas para avanzar en el plan maestro. Revisar las actividades relacionadas con los plazos acordados, la disponibilidad de recursos, la seguridad laboral, el impacto ambiental y la gestión de residuos (Rodríguez, Alarcón y Pellicer, 2011).

### **2.2.19 Inventario de trabajo ejecutable (ITE)**

Es el inventario de todas las actividades que se consideran de alta probabilidad de ejecución y que tienen liberadas todas sus restricciones. Posee tres tipos de actividades:

- Actividades con restricciones liberadas de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.

Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras. El proceso de eliminación de restricciones debe ser una colaboración entre expertos técnicos y de gestión del trabajo y profesionales Lean. Por ello, recomendamos realizar reuniones semanales para actualizar el indicador de límite publicado ITE y revisar la actividad que ingresa a la franja

horaria (Hoyos y Botero, 2017).

Una vez eliminada la restricción de actividad, se mostrará una lista de actividades listas para ejecutarse. Esta lista se denomina lista procesable, por lo que esta fase pasa de una lista de actividades que se deben realizar a una lista de actividades que se pueden realizar. (Orihuela, 2008).

#### **2.2.20 Programación semanal**

La programación evoluciona desde la anticipación, por lo que se amplía con análisis semanales. Proporciona un mayor nivel de detalle para que tenga más control sobre lo que sucede durante la semana. Las tareas a analizar cada semana deben haber sido encontradas sin límite. Mantenga el flujo de producción y proteja los planes de la incertidumbre. Esta programación tiene detalles importantes para su correcta aplicación. Para ejecutarlo, es conveniente concertar una reunión con todos los implicados en la ejecución (el planificador final). Jefe de equipo a cargo de cada obra. Convenientemente no dura más de 2 horas. Al comienzo o al final de la semana, la primera tarea es analizar el desempeño del cronograma retrasado y la segunda tarea es planificar para la próxima semana (Casahuaman y Luján, 2019).

Planificación a corto plazo derivada de las expectativas, donde se realiza un análisis de restricciones previo para eliminar las restricciones, asegurando que los trabajos planificados tengan una fracción del inventario de recursos requerido, trabajo que se puede realizar (Koskela, 1992).

#### **2.2.21 Programación diaria o Reuniones diarias de equipo.**

Se refiere a acciones que toman en cuenta el análisis de lo que se hace cada día de una semana determinada para lograr el plan de esa semana. Por lo tanto, este cronograma diario se creó para respaldar mejor su cronograma semanal y mantener constante el flujo de producción.

Si ocurre un evento imprevisto un día que pone en peligro las actividades del día siguiente (restricciones), el plan diario lo resuelve eliminando la restricción nuevamente. El cronograma enumera todas las tareas y/o actividades a realizar en esa jornada laboral, el trabajo a realizar por todos los trabajadores, e identifica al responsable directo de cada actividad. Para tener el mayor control directo posible sobre cada actividad, y en caso de un accidente en una actividad en particular, ¿a quién puede contactar la persona para saber qué sucedió y cuál es el problema? está pasando, creando la posibilidad de una resolución rápida. (Casahuaman y Luján, 2019).

Según Noguera (2019) El plan semanal debe cumplir con las siguientes características de calidad:

- Definición: concretar las asignaciones revisando la compatibilidad con otras actividades y así poder afirmar su finalización.
- Consistencia: revisar los inventarios reales de material y lo necesarios para las actividades en curso. Y, de acuerdo con esto, analizar si las asignaciones son verdaderamente ejecutables.
- Secuencia: las asignaciones deben realizarse de acuerdo con el orden de prioridad y constructibilidad.
- Tamaño: el tamaño de las asignaciones debe establecerlo el responsable de la ejecución.
- Retroalimentación y aprendizaje: de acuerdo con las causas de no cumplimiento de las asignaciones, se establecerán aprendizajes y acciones correctivas (Noguera, 2019).

La planificación semanal se implementa a través de reuniones periódicas. El período de planificación generalmente incluye 7 días después de la reunión, que es un período de análisis de 2 semanas. Es decir, el resultado anterior es el resultado y el segundo es la ejecución. Asimismo, puedes planificar la próxima semana con una semana de anticipación

y obtener tres semanas de cobertura. Así la semana anterior fue su certificación y resultados, el primero luego de su ejecución y el segundo luego de su programación (Hoyos y Botero, 2017).

### **2.2.22 Definiciones básicas.**

En una obra de edificación podemos considerar las definiciones siguientes:

- Trabajo productivo (TP): Denotada a cualquier acción o acto por parte de un trabajador o grupo de trabajo que genera valor agregado al producto y por ende genera una mejora sustancial al producto final.
- Trabajo contributorio (TC): Labor o actividad dentro de la obra que sirve como pilar de otros trabajos productivos y que no genera un valor agregado.
- Trabajo no contributorio (TNC): Actividad que implica una pérdida de producción debido a que no genera valor agregado.
- Calidad: Conformado por un conglomerado de características propias de un producto o servicio y que genera amplia satisfacción en el cliente.
- Cliente: Agente que requiere un producto o servicio con el fin de satisfacer una necesidad.
- Producto: Resultado de procesos que satisface las necesidades del cliente.
- Proveedor: Persona o institución que otorga un producto.
- Ejecutor: Persona o conjunto de personas que realizan una tarea.
- Eficiencia: Uso apropiado de recursos para lograr un objetivo.
- Eficacia: Logro de un objetivo.
- Flujo: Se relaciona a una acción realizada durante la ejecución de un proceso.
- Puede clasificarse como contributorio o no contributorio.
- Productividad: Básicamente es el cociente entre lo que se hace y lo que se desea

hacer.

- Partida: Conjunto de procesos agrupados con la finalidad de llevar un control de costos y ejecución de un proyecto.
- Proceso: Conjunto de actividades o subprocesos realizados para obtener un producto.
- Subproceso: Conjunto de operaciones cuyo resultado es la obtención parcial de un producto.
- Microproceso: operación realizada en un subproceso.
- Tarea: Trabajo encomendado a una persona o conjunto de personas que debe ejecutarse en un tiempo determinado.
- Carta balance: Resumen del resultado estadístico a través de medios gráficos y/o tablas de los flujos observados en un proceso.
- Cartillas de calidad: Ficha llenada en campo para evaluar las condiciones de calidad, en los procesos de entrada, salida y ejecución. Permite identificar las principales no conformidades.
- Pérdidas: acciones que no agregan valor y por tanto generan un costo innecesario.
- Jalar: Generar productos en cantidades en función a lo que exige la demanda y lo que realmente se puede producir.
- Empujar: Producir sin tomar en cuenta la demanda, lo cual genera inventarios (Santa Cruz y Lozano, 2007).

La Lean Construction se inició con la elaboración y ejecución de proyectos diversos en el área de construcción, en especial en todo lo referente al área operativa. Esto se origina con el fin de aumentar la rentabilidad en las diversas partidas de construcción, lo cual implica la filosofía Lean por el tema de reducción de “desperdicios”. Es así como dentro de la terminología este enfoque se basa en la implementación de un sistema denominado Sistema de Last Planner.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

El proyecto denominado “Construcción del Hospital Materno Infantil cono sur Juliaca”, se encuentra ubicado en la urbanización Taparachi III al sur de la ciudad de Juliaca, en el anillo 01 de la avenida circunvalación, específicamente en la Av. Héroes del 4 de noviembre, Av. Egipto Lote, Urb. Municipal Taparachi – provincia de San Román.

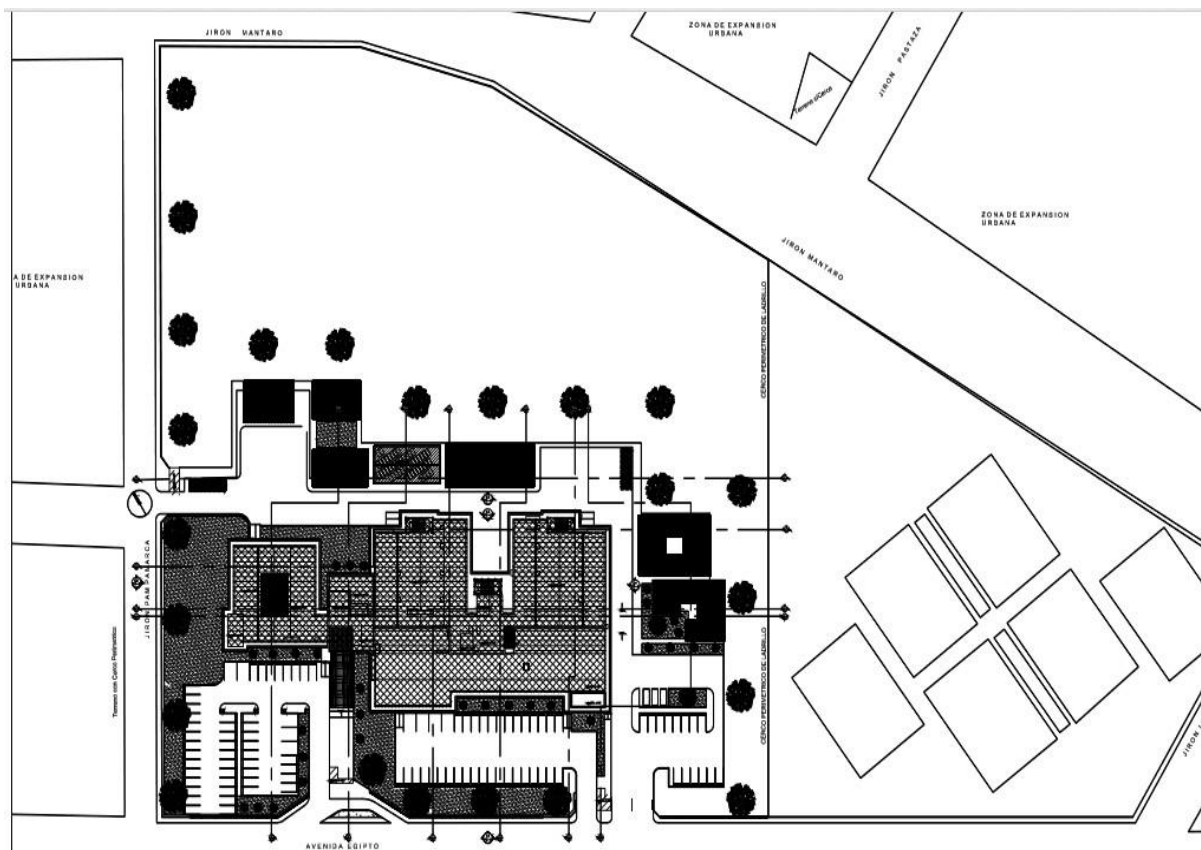
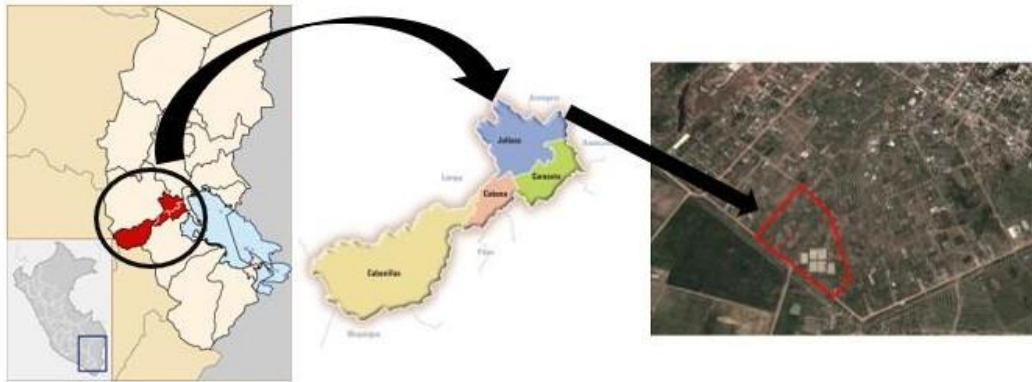


Figura 9. Localización del proyecto " Construcción del hospital materno infantil cono sur Juliaca"

#### 3.2 Ubicación del Proyecto

El terreno, topografía y vías existentes, se ubican en la Urbanización Municipal Taparachi, de la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región de Puno. El acceso

desde el centro de la ciudad de Juliaca es por la Av. Héroes de 4 de noviembre, llegando hasta el ovalo próximo a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, desviándose por la circunvalación Sur hasta llegar al cruce con la Av. Egipto a 50 metros de esta intersección se encuentra el proyecto del establecimiento de salud.



*Figura 10.* Ubicación geográfica del proyecto "Construcción del Hospital Materno Infantil Juliaca"

El terreno para el Hospital Materno Infantil de Juliaca, de acuerdo al levantamiento topográfico manifestado en el expediente técnico, presenta los siguientes linderos y medidas perimétricas:

**Por el frente:** Con la Av. Egipto, con una línea recta de 289.82 metros.

**Por el lado derecho:** Con el Jr. Las Piedras, con una línea recta de 73.64 metros

**Por el lado izquierdo:** Con el Jr. Pampamarca, con una línea recta de 209.01 metros.

**Por el fondo:** Con el Jr. Mantaro, con una línea quebrada de cuatro tramos que hacen un total de 366.74 metros.

El área de terreno delimitado por los linderos antes descritos es de:

**Área total de terreno:** 49,159.781 m<sup>2</sup>.

**Perímetro:** 939.21 metros.

### **3.3 Descripción de la entidad ejecutora**

La construcción del Hospital Materno Infantil – Juliaca, es ejecutado por la modalidad de administración directa, con financiamiento “Recursos Determinados”, a cargo del Gobierno Regional Puno, Gerencia de Infraestructura.

### **3.4 Descripción del proyecto.**

El plan de construcción del proyecto tiene como objetivo fundamental ejecutar una edificación que cumpla con las exigencias para un Establecimiento de Salud 2.2, contando en sus ambientes con tecnología y control de calidad que permitan que los servicios sean los más cercanos posibles a la atención Integral Ambulatoria y Hospitalaria que se solicita por parte de la población y personal Profesional de Salud.

La edificación está compuesta de dos monoblocks, claramente diferenciados:

- Un bloque de tres plantas que alberga los servicios ambulatorios (Consultorios, Programas, y Gobierno).
- Un bloque de cuatro plantas de altura que se une al anterior mediante un Hall de ingreso y distribución, y donde se ubican los Servicios de Emergencias, Ayuda al diagnóstico, nutrición, Lavandería, todos en un primer piso; Unidad de Cuidados Críticos de Adultos y Neonatales, Centro Quirúrgico, Central de Esterilización, Centro Obstétrico en el segundo piso; Hospitalización de Gineco Obstetricia, Pediatría y Neonatología en el tercer piso; y hospitalización de Medicina y Cirugía en el cuarto piso.
- Los ambientes que conforman la Casa de Fuerza y servicios generales se encuentran separados de estos dos bloques edificatorios.
- Los ambientes de Residencias Médicas y Casa de Espera Materna, también se encuentran separadas de los bloques asistenciales

En la siguiente tabla se toman los datos expresados en el expediente técnico, donde se manifiestan los servicios con los que cuenta el hospital, además del área a intervenir. Se

tomará en cuenta los “servicios finales, que cuenta con bloques correspondientes a consulta externa, registros médicos y estadísticas, emergencia y hospitalización, este último será considera en el presente estudio.

**Tabla 1**

*Distribución de servicios y bloques del Hospital Materno Infantil - Juliaca.*

Servicios	Proyecto	Bloques
	Área m2	
Servicios Finales	4,836.09	Consulta Externa, Registros Médicos y Estadística, Emergencia, Hospitalización.
Servicios Intermedios	2,387.88	Centro CQx, Centro Obstétrico, CEyE, Ayuda la Diagnóstico y Tratamiento
Servicios Administrativos	2,795.77	Gobierno, Servicios Generales, Residuos Hospitalarios, Casa Fuerza, Cisternas.
Confort Medico	1,203.03	Residencia Médica, Seguridad

### 3.5 Población y Muestra

#### 3.5.1 Población.

El presente estudio tiene una población “finita”, siendo la construcción general del Hospital Materno Infantil – Juliaca, involucrando a todos los elementos de construcción que componen la obra, representados en la cantidad partidas de concreto armado que conforma el caso gris del pabellón de hospitalización (bloque 4). En la siguiente tabla se muestra la distribución de subpartidas a ejecutar; por lo tanto, tenemos lo siguiente:

**POBLACIÓN N = 52**

**Tabla 2**

*Población de estudio representado en las partidas de concreto armado*

N°	CONCRETO ARMADO
	Zapatas
1	Concreto $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>
3	Encofrado y desencofrado
4	Acero grado 60
	Vigas de cimentación
5	Concreto $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>
6	Encofrado y desencofrado
7	Acero grado 60
	Platea de Cimentación
8	Concreto $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>
9	Acero grado 60
	Losa para piso
10	Concreto $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>
11	Encofrado y desencofrado
12	Acero grado 60
	Pedestal, aislador y deslizador sísmico
13	Concreto $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>
14	Encofrado y desencofrado
15	Acero grado 60
16	Aislador sísmico tipo X
17	Deslizador sísmico tipo Y

#### Sobrecimiento reforzado

- 18 Concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- 19 Encofrado y desencofrado
- 20 Acero grado 60

#### Muros reforzados

- 21 Muros de contención en cimentación
- 22 Concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- 23 Encofrado y desencofrado
- 24 Acero grado 60

#### Muros o Placas

- 25 Concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- 26 Encofrado y desencofrado
- 27 Acero grado 60

#### Columnas

- 28 Concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- 29 Encofrado y desencofrado
- 30 Acero grado 60

#### Columnetas

- 31 Concreto  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup>
- 32 Encofrado y desencofrado
- 33 Acero grado 60

#### Vigas, peraltadas y chatas

- 34 Concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- 35 Encofrado y desencofrado
- 36 Acero grado 60
- 37 Concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- 38 Encofrado y desencofrado

39	Acero grado 60
	Losas
	Losas macizas
40	Concreto $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>
41	Encofrado y desencofrado
42	Acero grado 60
	Escalera
43	Concreto $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>
44	Encofrado y desencofrado
45	Acero grado 60
	Tanques de agua
46	Concreto $f'c=280$ Kg/cm <sup>2</sup>
47	Encofrado y desencofrado
48	Acero grado 60
	Estructura metálica
49	Plancha de anclaje inc. Pernos soldados
50	Columna metálica acero ASTM
51	Viga de acero ASTM
52	Tijerales

---

### **3.6 Metodología de la Investigación**

#### **3.6.1 Tipo de Investigación.**

El presente estudio está dentro del enfoque CUANTITATIVO, ya que se recolectan datos para probar hipótesis con base a una medición numérica y un análisis estadístico.

#### **3.6.2 Nivel de la Investigación.**

Esta investigación está dentro de los niveles “descriptivo” y “explicativo”.

Definimos el nivel “descriptivo”, ya que se medirá la productividad y tiempo de ejecución en 31 subpartidas de la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización.

Se considera el nivel “explicativo”, debido a que la investigación está dirigida a encontrar las causas de los retrasos en los tiempos de ejecución a través de la aplicación de las herramientas Lean Construction.

Teniendo en cuenta que el nivel explicativo contempla la relación CAUSA – EFECTO, la investigación será sin intervención sobre la muestra; es decir, será un estudio observacional en donde se mostrarán los resultados que se dan luego de aplicar las herramientas Lean Construction sobre los tiempos de ejecución en 30 subpartidas del casco gris del pabellón de hospitalización.

### **3.7 Diseño de la Investigación**

La investigación es de tipo NO EXPERIMENTAL, SIN INTERVENCION, contando con diferentes mediciones propias de las herramientas Lean Construction.

#### **3.7.1 Formulación de Hipótesis.**

Teniendo en cuenta el planteamiento de los objetivos y las variables de investigación, se establecen las siguientes hipótesis:

##### **a. Hipótesis general**

¿Se podrá mejorar la productividad mediante la aplicación de Lean Construction en la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca?

##### **b. Hipótesis específicas**

- Al planificar los alcances del casco gris mediante una de las herramientas de Lean Construction se podrá incrementar la productividad durante la ejecución.
- Al regular el rendimiento de la mano de obra mediante la carta balance se podrá

optimizar la productividad en las partidas más críticas del casco gris.

- Se podrá incrementar la productividad como resultado de la aplicación de Lean Construction en el pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil – Juliaca.

### **3.7.2 Identificación de Variables.**

Al ser esta investigación de un nivel explicativo, se pueden identificar las variables independiente y dependiente de acuerdo al siguiente gráfico:

**Variable independiente:** Filosofía Lean Construction

**Variable dependiente:** Optimización de la productividad.

### **3.8 Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos**

Cuando se trata de medir la métrica del sistema Last Planner para determinar la calidad del programa en un proyecto, se utiliza el siguiente formato como herramienta:

- Porcentaje de plan cumplido (PPC Semanal y Acumulado).
- Causas de no cumplimiento.
- Programaciones Lookahead.

Para el caso de las mediciones de productividad de mano de obra en la partida de habilitación y colocación de acero corrugado en columnas se tiene el siguiente instrumento:

- Carta balance.

a. **Carta Balance y Nivel General De Actividad:** Para las mediciones de las partidas evaluadas se consideró 3 tipos de trabajo.

Fecha:													
Obra:													
Actividad:													
Cuadrilla:													
Elaborado:													
Duración de la muestra:													
Cuadrilla													
													Trabajos
Hora	Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3	Obrero 4	Obrero 5	Obrero 6	Obrero 7	Obrero 8	Obrero 9	Obrero 10	Obrero 11	Obrero 12	Obrero 13
0:15													
0:30													
0:45													
01:00													
01:15													
01:30													
01:45													
02:00													
02:15													
02:30													
02:45													
03:00													
03:15													
03:30													
03:45													
04:00													
04:15													
04:30													
04:45													
05:00													
05:15													
05:30													
05:45													
06:00													
06:15													
06:30													
06:45													
07:00													
07:15													
07:30													
07:45													
08:00													

Figura 11. Formato para recolectar datos

b. **Trabajo Productivo (Tp):** Viene a ser todo lo que suma producción a la partida se consideró como trabajo productivo en cada una de las siguientes partidas:

c. **Trabajo Contributorio (TC):**

Se considera un trabajo de apoyo para el trabajo productivo. Según las subcategorías del formato de carta balance y nivel general de actividad tenemos:

Habilitación de material (H), Transportes (T), Limpieza (L), Instrucciones (I), Mediciones (M) y X (otros).

**d. Trabajo No Contributivo (TNC):**

Es aquella actividad que se considera que no agrega valor tales como:

Viajes (V), Tiempo ocioso (N), Esperas (E), Trabajos rehechos (R), Descanso (D), Necesidades fisiológicas (B), y (otros).

**3.9 Procesamiento y análisis de datos**

Se utilizan el programa Excel para el procesamiento de datos. Esto le permite obtener ocurrencias de trabajo productivo, contribuyente y no contribuyente en función del porcentaje del plan completado, las razones del incumplimiento y la productividad. Antes y después de la aplicación de mejoras sugeridas en calificación e instalación sobre columnas de acero corrugado.

**3.9.1 Sectorización.**

La elaboración de divisiones sectoriales para tales proyectos es un factor clave, ya que la construcción del casco estructural es parte de la ruta crítica, y al definirla, será posible iniciar procesos posteriores en la planificación del proyecto.

Se propone construir un total de 8 sectores en el primer y segundo piso. Una vez propuestos los sectores se calcularán los metros correspondientes al concreto de cada sector y se analizará si es posible realizar la producción diaria de concreto, para este proyecto se cuenta con una planta hormigonera y mezcladora, lo cual es factible considerando la división sectorial propuesta. . Una vez propuesto el número de sectores de trabajo por planta del edificio, se ajustarán los metros facilitados por la Oficina Técnica en función de los sectores propuestos para los elementos más accidentados del casco estructural, es decir acero, encofrado y aplicable a cada planta.

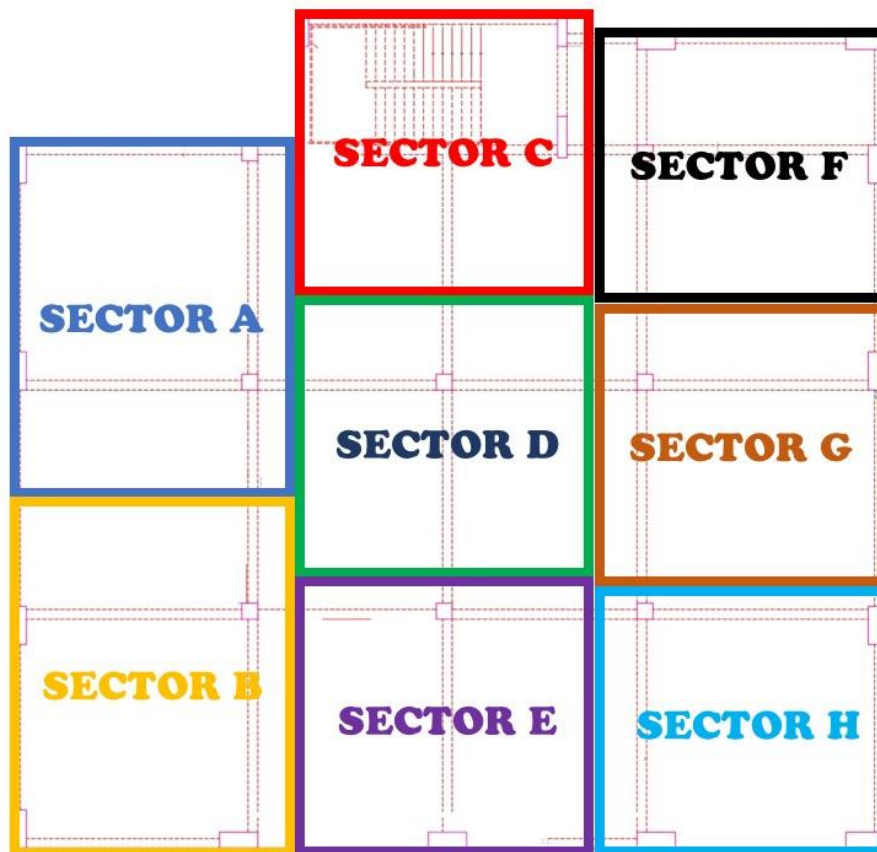


Figura 12. Metrado bloque 4 y sectorización.

CONCRETO						
	PRIMER PISO			SEGUNDO PISO		
	COLUMNAS	VIGAS	LOSA	COLUMNAS	VIGAS	LOSA
SECTOR A	14.5	9.1	18.9	13.8	9.1	18.7
SECTOR B	8.7	8.5	18.7	8.5	8.5	18.5
SECTOR C	2.6	7.2	11.6	2.6	7.2	11.6
SECTOR D	1.7	6.8	11.5	1.7	6.8	11.5
SECTOR E	2.1	7.1	11.5	2.0	7.1	11.5
SECTOR F	9.9	9.3	13.6	9.2	9.2	13.6
SECTOR G	3.2	9.2	13.5	3.1	9.1	13.4
SECTOR H	3.5	9.1	13.5	3.3	9.1	13.4
<b>TOTAL</b>	<b>46.2</b>	<b>66.3</b>	<b>112.9</b>	<b>44.2</b>	<b>66.1</b>	<b>112.4</b>
ENCOFRADO						
	PRIMER PISO			SEGUNDO PISO		
	COLUMNAS	VIGAS	LOSA	COLUMNAS	VIGAS	LOSA
SECTOR A	192.3	47.7	101.9	110.5	47.7	101.0
SECTOR B	69.6	44.5	101.0	68.0	44.5	100.1
SECTOR C	22.6	37.7	62.7	22.1	37.7	62.7
SECTOR D	13.9	35.6	62.3	13.6	35.6	62.3
SECTOR E	13.9	37.2	62.2	13.6	37.2	62.2
SECTOR F	71.8	48.7	73.5	68.5	48.2	73.5
SECTOR G	53.2	48.2	73.1	51.1	47.7	72.6
SECTOR H	50.5	47.7	72.7	49.9	47.7	72.3
<b>TOTAL</b>	<b>487.9</b>	<b>347.5</b>	<b>609.4</b>	<b>397.3</b>	<b>346.4</b>	<b>606.8</b>
ACERO						
	PRIMER PISO			SEGUNDO PISO		
	COLUMNAS	VIGAS	LOSA	COLUMNAS	VIGAS	LOSA
SECTOR A	416.4	1080.2	1249.2	412.6	1080.2	1237.9
SECTOR B	412.6	1082.5	1237.9	408.9	1082.5	1226.7
SECTOR C	256.1	854.5	768.2	256.1	854.5	768.2
SECTOR D	254.7	807.0	764.1	254.7	807.0	764.1
SECTOR E	254.3	842.6	763.0	254.3	842.6	763.0
SECTOR F	300.5	1103.7	901.4	300.5	1091.9	901.4
SECTOR G	298.6	1091.9	895.8	296.7	1080.0	890.2
SECTOR H	297.1	1080.0	891.3	295.6	1080.0	886.8
<b>TOTAL</b>	<b>2490.4</b>	<b>7942.4</b>	<b>7471.1</b>	<b>2479.5</b>	<b>7918.7</b>	<b>7438.4</b>

### 3.9.2 Last Planner System.

El sistema Last Planner le permite construir su plan general de proyecto a largo plazo sobre otros planes a corto plazo. Las siguientes herramientas, que forman parte del sistema Last Planner, se aplican a su proyecto y aparecen en el siguiente orden.:

**a. Planificación Maestra**

El plan maestro es el primer elemento del sistema y se elabora identificando plazos e hitos del cronograma general y dividiendo el proyecto en fases y estableciendo una relación lógica o secuencial entre ellas, por lo que debe demostrar la ejecución del proyecto en el tiempo. Su perfeccionamiento y aplicación permitirá perfeccionar su estrategia de ejecución e identificar las prioridades que deben ser consideradas por los equipos responsables según sus respectivos campos y/o disciplinas. También se puede considerar un activo de planificación, ya que se puede modificar y actualizar a lo largo del proyecto.

Se debe considerar la fase de adquisición, ya que el proyecto incluye equipos o materiales dentro del alcance y debe programarse cuidadosamente teniendo en cuenta los requisitos del proceso, la licitación y las aprobaciones. Estos tiempos tienen en cuenta las etapas de solicitud, cotización y aprobación. Sus hojas de datos de proceso controlan el tiempo de las operaciones, las importaciones, los transbordadores y el despacho de aduanas. Se mencionan varios dispositivos para cada especialidad:

- Estructuras: Aisladores y deslizadores sísmicos.
- Arquitectura: Cerámicos, porcelanatos, pisos alfombrados y de vinílico conductivo.
- Instalaciones Sanitarias: Equipos de bombeo, ablandadores y planta de tratamiento de residuos hospitalarios.
- Instalaciones Eléctricas: Equipo grupo electrógeno, subestación eléctrica, tableros eléctricos y sistema de respaldo de energía con UPS.
- Instalaciones Mecánicas: Ascensores y chillers para el sistema de aire acondicionado.
- Instalaciones de Comunicaciones: Gabinetes de comunicación y switchs.
- Equipamiento Médico: Equipos tomógrafo, resonador magnético, rayos x y de hemodiálisis.

Una vez definidos los hitos para cada especialidad y para cada etapa del proyecto se podrá entrar más a detalle en la programación con los demás elementos que componen el Last Planner System que se mostraran más adelante.



Figura 13. Diagrama de Gantt de la Planificación Maestra - ESTRUCTURAS

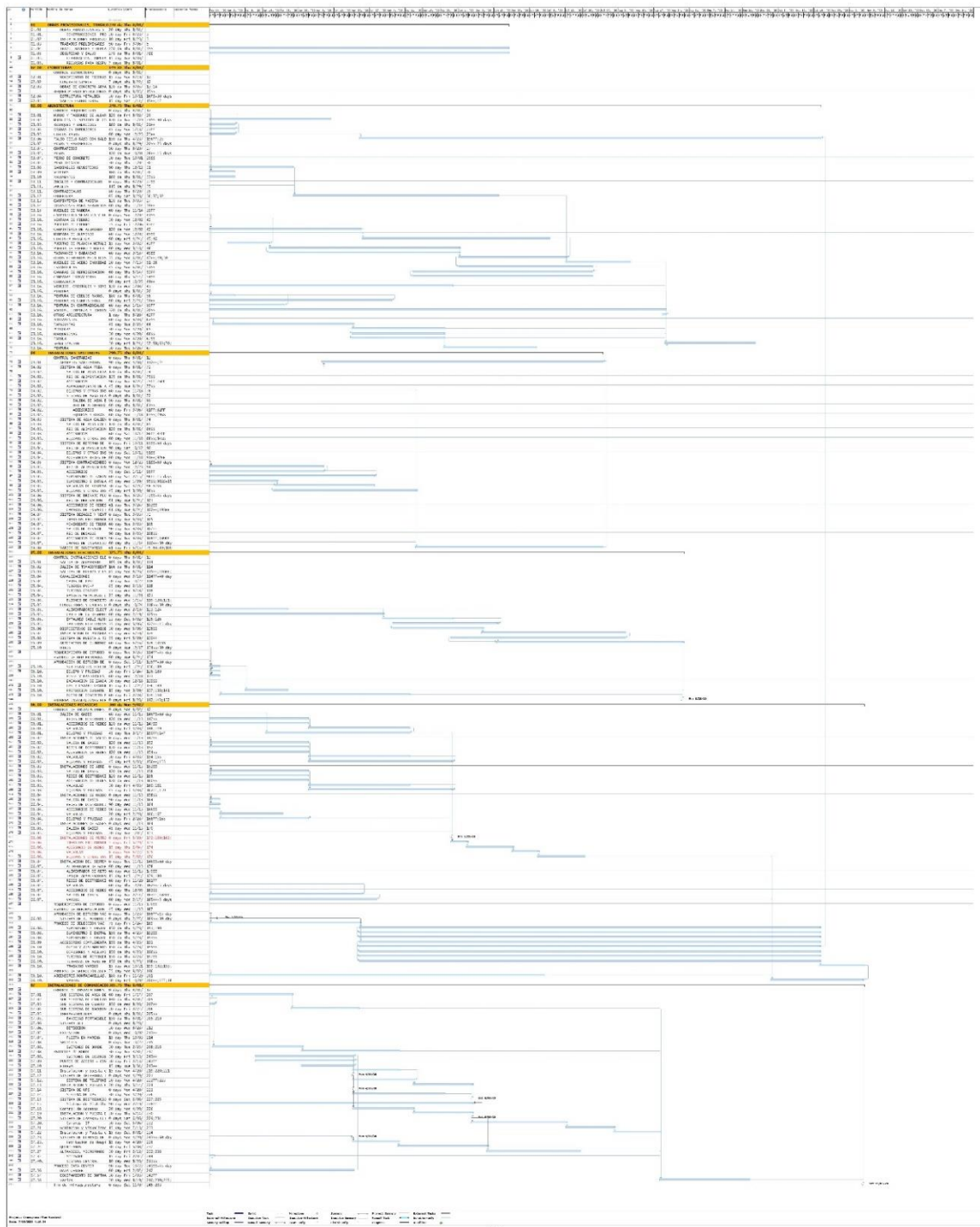


Figura 14. Diagrama de Gantt de la Planificación Maestra - GENERAL

**b. LOOKAHEAD:**

El LOOKAHEAD es el plan de mediano plazo o plan de mediano plazo en el sistema Last Planner, una subdivisión del plan maestro cuya duración depende de la variabilidad del proyecto y el tiempo mínimo requerido para levantar las restricciones. para. Llevo a cabo actividades después de completar las actividades planificadas.

En este proyecto, el ingeniero planificador, junto con el área de producción y la oficina técnica, serán los encargados de planificar semanalmente la elaboración de la previsión de fusión, permitiendo 3 semanas para levantar diversos procesos restrictivos desde el punto de vista de la gestión energética.

Evalúe y analice el porcentaje de cumplimiento utilizando el programa previo proporcionado por el personal, luego investigue la causa en consulta con la oficina técnica y compare los límites de observación y análisis en el sitio y su relación. Niveles generales de actividad y balances.

3 WEEK LOOK AHEAD																														
ACTIVIDAD	Und.	Metrado Programado	PS	Fecha de Inicio Planeada	Fecha de Termino Planeada	TRABAOS REALIZADOS ANTERIORMENTE	SEMANA A			SEMANA B							SEMANA C						SEMANA D							
							J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
							16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>SECTOR D</b>																														
ACERO CORRUGADO FY=4200 Kg/cm2 VIGAS	KG	807.0	PS	27 - C	29 - C																									
CONCRETO F'C=210 Kg/cm2 VIGAS	M3	6.8	L3W	4 - D	4 - D																									
ACERO CORRUGADO FY=4200 Kg/cm2 LOSA	KG	764.1	PS	29 - C	1 - C																									
CONCRETO F'C=210 Kg/cm2 LOSA	M3	11.5	L3W	4 - D	5 - D																									
ACERO CORRUGADO FY=4200 Kg/cm2 COLUMNAS	KG	254.7	PS		Ya realizado	254.7																								
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL COLUMNAS	M2	27.8	PS		Ya realizado	27.8																								
CONCRETO F'C=210 Kg/cm2 COLUMNAS	M3	1.7	L3W	16 - A	16 - A		1.7																							
<b>SECTOR E</b>																														
ACERO CORRUGADO FY=4200 Kg/cm2 VIGAS	KG	842.6	PS	29 - C	1 - C																									
CONCRETO F'C=210 Kg/cm2 VIGAS	M3	7.1	PS	4 - D	4 - D																									
ACERO CORRUGADO FY=4200 Kg/cm2 LOSA	KG	763.0	L3W	29 - C	1 - C																									
CONCRETO F'C=210 Kg/cm2 LOSA	M3	11.5	PS	4 - D	5 - D																									
ACERO CORRUGADO FY=4200 Kg/cm2 COLUMNAS	KG	254.3	PS		Ya realizado	254.3																								
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL COLUMNAS	M2	27.8	PS		Ya realizado	27.8																								
CONCRETO F'C=210 Kg/cm2 COLUMNAS	M3	2.1	L3W	17 - A	17 - A			2.1																						

Figura 15. Lookahead Planning del proyecto – CASCO GRIS

### **c. Programación Semanal**

El horario semanal es de la expansión detallada esperada de la primera semana, por lo que se supone que todas las actividades incluidas en este horario son libres. Este cronograma “libre” fue consolidado y presentado en las reuniones de planificación que se realizan todos los sábados en la Oficina de Monitoreo, con expertos de diversas disciplinas formando grupos de trabajo.

Una vez que haya definido actividades ilimitadas, puede determinar la cantidad de trabajo (en metros) asignado a cada equipo para la semana, por lo que debe verificar nuevamente. Recursos humanos, mayores requisitos de promoción, etc.

Lo especial de este planificador semanal es el búffer de tiempo incorporado. En otras palabras, el verdadero programa semanal consta de 5 días a la semana, de lunes a viernes y sábado al mediodía, para completar actividades que no hiciste durante el curso. Esa semana Con ese margen, su planificación semanal será más confiable y podrá cumplir con los plazos del proyecto..

### **d. Programación Diaria**

Esta programación incluye una expresión del avance de la programación a través de planos para ubicar e indicar los elementos considerados en la programación de cada actividad (columnas metálicas, vigas y encofrados de losas, etc.). Progreso real al final del día. Esta información se distribuye a las áreas de interés de la misma manera para que pueda encontrar trabajos para cada propósito. Por ejemplo, para cada desarrollo de protocolo de liberación, rutinas y prácticas que requieren la aprobación del supervisor para pasar a la siguiente actividad (p. ej., liberar acero de una columna para comenzar el encofrado de la columna). Los campos de calidad que requieren esta información.

## **3.10 Procesamiento y análisis de datos**

Se tomaron a cuadrillas de 12 obreros para la carta balance, un obrero en cada

medición diferentes con un intervalo de tiempo de 15 minutos, se anotará en un formato mostrado en el ítem “instrumentos de recolección de datos”.

Dar una inspección general al área de trabajo y reconocer los lugares estratégicos donde no se interrumpa la ejecución de los trabajos ni se exponga a algún peligro al tesista.

Para las mediciones de carta balance se tomarán fotografías representativas.

Para la carta balance se tomarán 10 días no necesariamente consecutivos de partidas del casco gris.

Para la comprobación de hipótesis se seguirán los pasos presentados en el siguiente grafico:

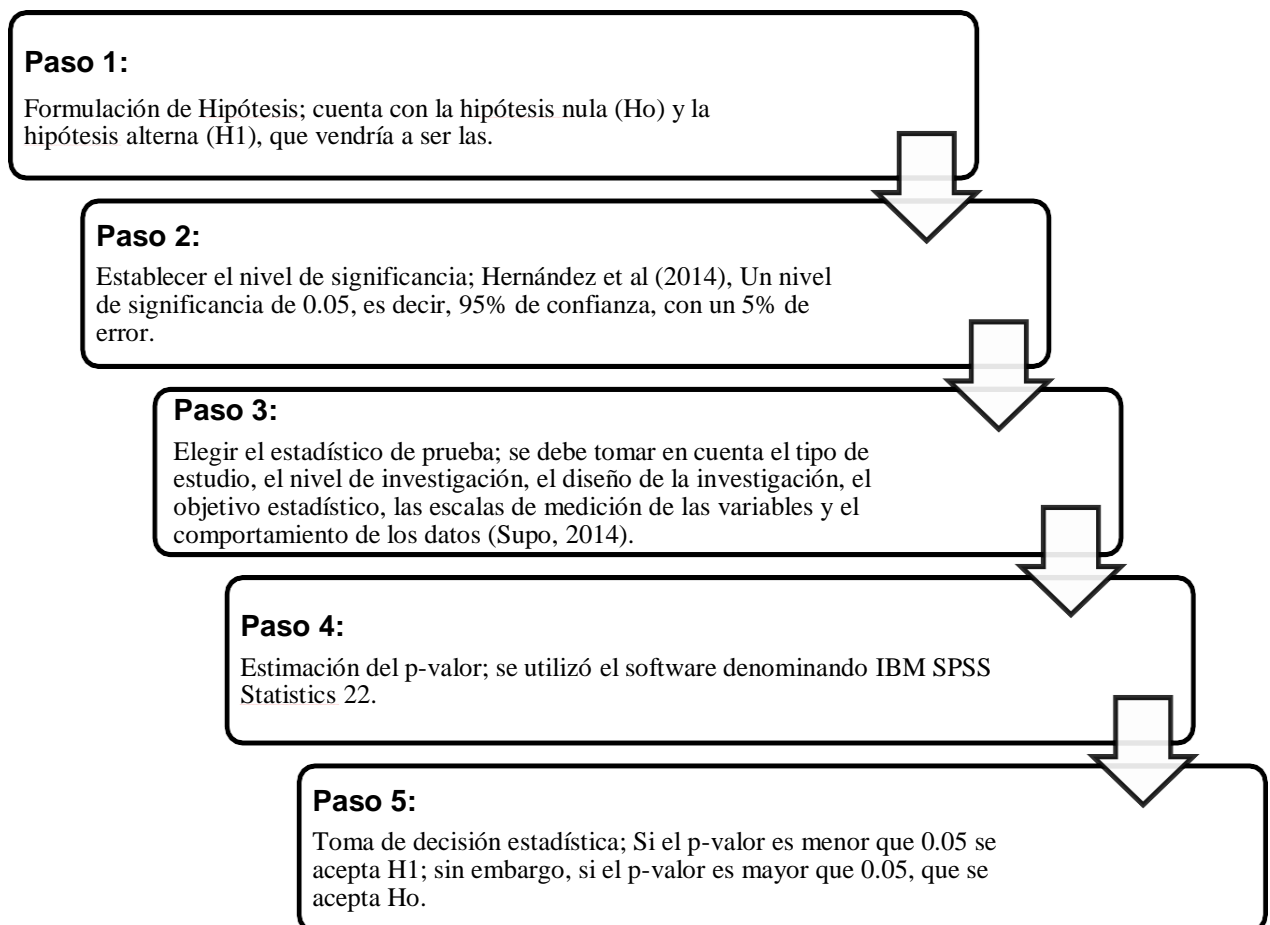
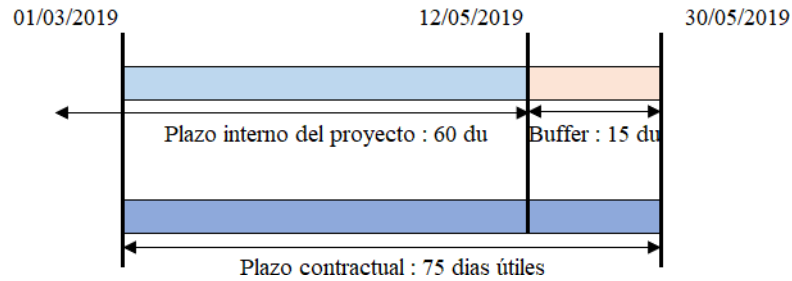


Figura 16. Representación de los pasos a seguir para la prueba de hipótesis

### 3.11 Aplicación de buffer de tiempo

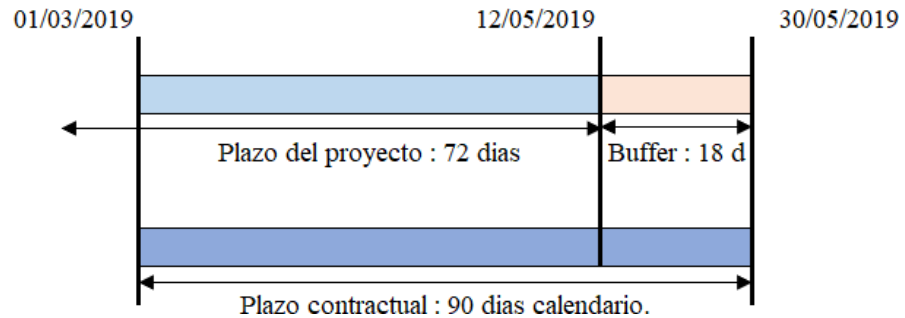
Con la revisión del buffer de tiempo se procedió a revisar el cronograma contractual de obra, encontrándose que el plazo de ejecución del proyecto es de 90 días calendario.

**GRAFICO DE PLAZO DEL PROYECTO EN DIAS UTILES:**



**Fecha de inicio del proyecto :** 01/03/2019  
**Plazo del proyecto en días calendario :** 90 d  
**Fecha de entrega del proyecto :** 30/05/2019

**GRAFICO DE PLAZO DEL PROYECTO EN DIAS CALENDARIO:**



Los pasos para determinar el marco de tiempo anterior, utilizando un marco de tiempo de 72 días calendario, requieren que el proyecto se complete dentro de los 90 días calendario, pero al aplicar el marco de tiempo, el caso de tiempo gris sugiere que debe completarse dentro de los 72 días naturales. Lunes a viernes son horas hábiles y sábados y domingos son horas intermedias.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Layout de obra – BLOQUE B4

Con los frentes de trabajo identificados en obra, y considerando minimizar la pérdida de horas hombre dedicada al mayor recorrido en obra, se definió el siguiente layout de obra.



Figura 17. Layout medrado bloque 4

### 4.2 Sectorización de obra – BLOQUE B4

Cuando los trabajos se dividen en sectores, el criterio principal considerado es tener volúmenes de producción similares. Esto permite que el personal pase de un lote a otro y pueda completar el trabajo dentro del tiempo tak time, como se muestra en el diagrama de

sectores a continuación.



Figura 18. Esbozo de los sectores del bloque 4 obra.

Al hacer una medición de producción similar para cada sector, garantizamos que el personal asignado para realizar el trabajo descrito pueda intervenir en todos los lotes sin cambiar su número de personal o utilizar recursos adicionales como materiales y/o equipos. Es por esta razón que es importante tener sectores con medidas similares.

Para asegurarse de que el lote tiene el tamaño correcto, se miden las actividades a realizar a nivel estructural del casco para verificar la similitud en la medición del sector.

#### **4.3 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN CARTA BALANCE - PRIMERA MEDICION**

Para el siguiente capítulo se mostrarán las tablas con los resultados obtenidos en Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC), de las partidas seleccionadas en el cálculo de muestreo respectivo.

### 4.3.1 VIGAS DE CIMENTACIÓN.

Esta partida corresponde a las estructuras de vigas de cimentación de concreto armado correspondiente al bloque 4 del pabellón de hospitalización, elementos que soportarán las cargas de la estructura. En el método de ejecución comprende el vaciado de concreto, colocación de aceros y encofrados y desencofrados, actividades que se representan en las siguientes tablas:

**Tabla 3**

*Total, horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance - Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 1*

<b>Nº</b>	<b>TRABAJADOR</b>	<b>TP</b>	<b>TC</b>	<b>TNP</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	obrero 1	13	9	10	32
<b>2</b>	obrero 2	11	15	6	32
<b>3</b>	obrero 3	9	8	15	32
<b>4</b>	obrero 4	12	11	9	32
<b>5</b>	obrero 5	10	11	11	32
<b>6</b>	obrero 6	14	8	10	32
<b>7</b>	obrero 7	13	9	10	32
<b>8</b>	obrero 8	10	9	13	32
<b>9</b>	obrero 9	15	13	4	32
<b>10</b>	obrero 10	11	6	15	32
<b>11</b>	obrero 11	8	6	18	32
<b>12</b>	obrero 12	10	11	11	32
		136	116	132	384

HORAS	34	29	33	96
-------	----	----	----	----

<b>Tiempo Productivo</b>	<b>35.42</b>	<b>%</b>
<b>Tiempo Contributivo</b>	30.21	%
<b>Tiempo no contributivo</b>	34.38	%
	100.00	%

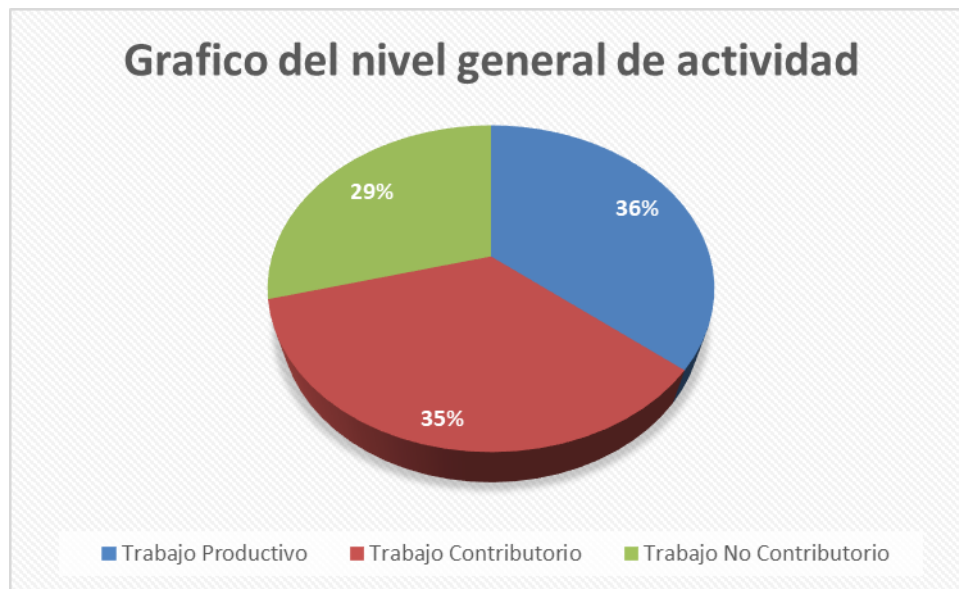


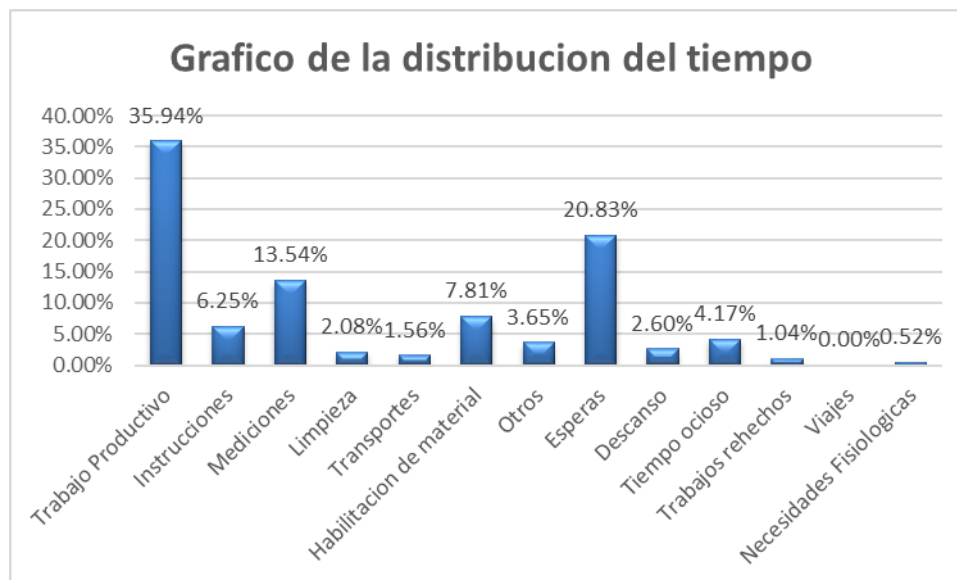
Figura 19. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Día 1

**Tabla 4**

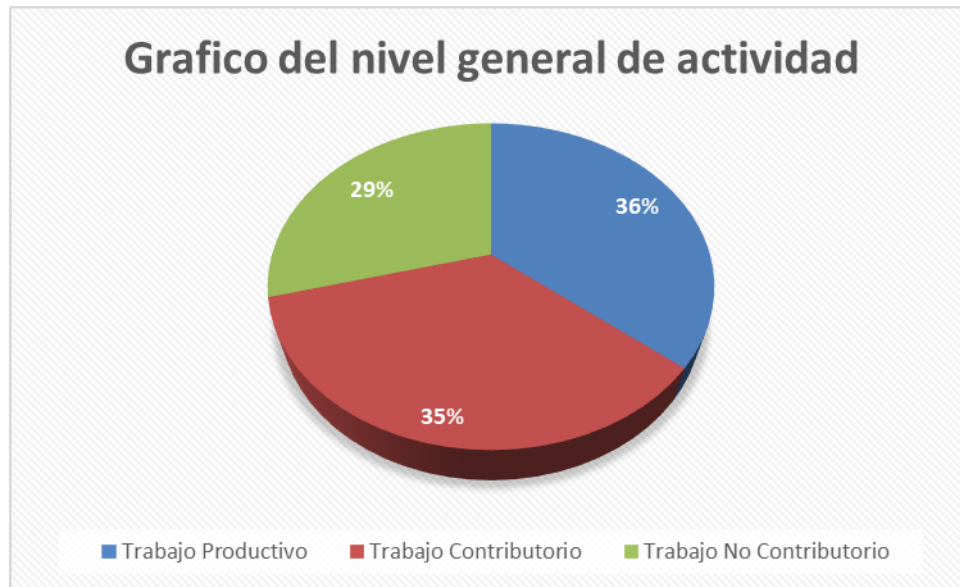
*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 1 – TURNO MAÑANA*

<b>TP</b>	<b>Trabajo Productivo</b>	<b>TP</b>	<b>69</b>	<b>35.94%</b>
<b>TC</b>	Instrucciones	I	12	6.25%
<b>TC</b>	Mediciones	M	26	13.54%

<b>TC</b>	Limpieza	L	4	2.08%
<b>TC</b>	Transportes	T	3	1.56%
<b>TC</b>	Habilitación de material	H	15	7.81%
<b>TC</b>	Otros	X	7	3.65%
<b>TNP</b>	Esperas	E	40	20.83%
<b>TNP</b>	Descanso	D	5	2.60%
<b>TNP</b>	Tiempo ocioso	N	8	4.17%
<b>TNP</b>	Trabajos rehechos	R	2	1.04%
<b>TNP</b>	Viajes	V	0	0.00%
<b>TNP</b>	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%



*Figura 20.* Pareto para la distribución del tiempo Dia 1– TURNO MAÑANA



*Figura 21. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 1- TURNO MAÑANA*

**Tabla 5**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 1– TURNO TARDE*

<b>TP</b>	<b>Trabajo Productivo</b>	<b>TP</b>	<b>67</b>	<b>34.90%</b>
<b>TC</b>	Instrucciones	I	4	2.08%
<b>TC</b>	Mediciones	M	16	8.33%
<b>TC</b>	Limpieza	L	4	2.08%
<b>TC</b>	Transportes	T	5	2.60%
<b>TC</b>	Habilitación de material	H	13	6.77%
<b>TC</b>	Otros	X	7	3.65%
<b>TNP</b>	Esperas	E	51	26.56%
<b>TNP</b>	Descanso	D	11	5.73%
<b>TNP</b>	Tiempo ocioso	N	6	3.13%
<b>TNP</b>	Trabajos rehechos	R	6	3.13%
<b>TNP</b>	Viajes	V	1	0.52%

TNP	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%

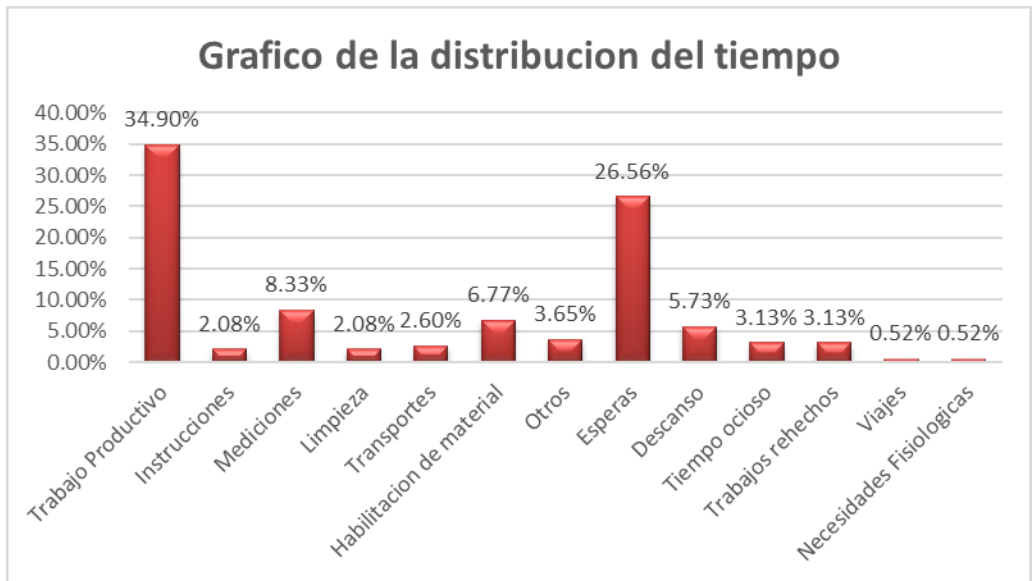


Figura 22. Pareto para la distribución del tiempo Dia 1– TURNO TARDE

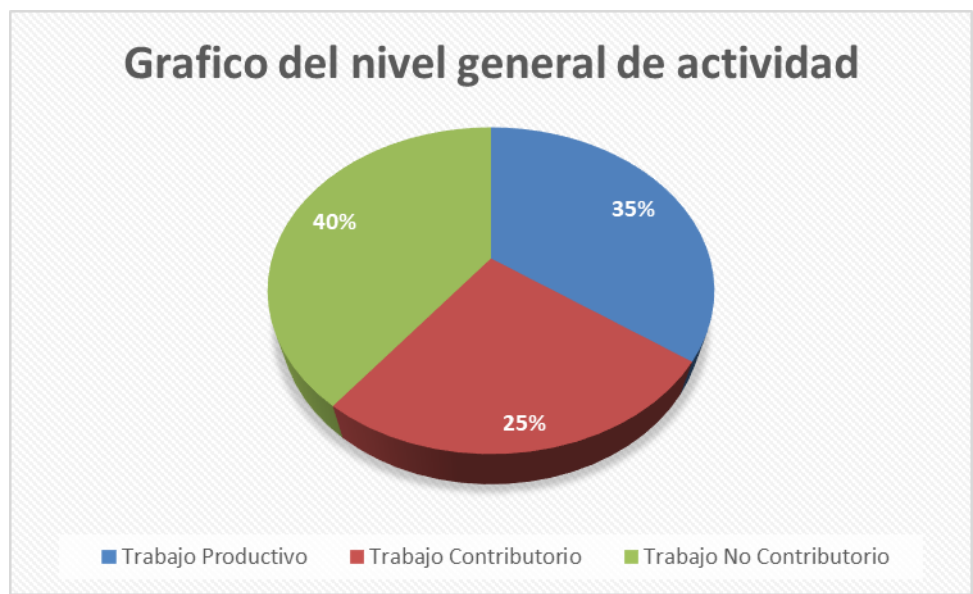


Figura 23. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 1- TURNO TARDE

**Tabla 6**

Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 1.

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TP	41%	34%	28%	38%	31%	44%	41%	31%	47%	34%	25%	31%
TC	28%	47%	25%	34%	34%	25%	28%	28%	41%	19%	19%	34%
TNP	31%	19%	47%	28%	34%	31%	31%	41%	13%	47%	56%	34%

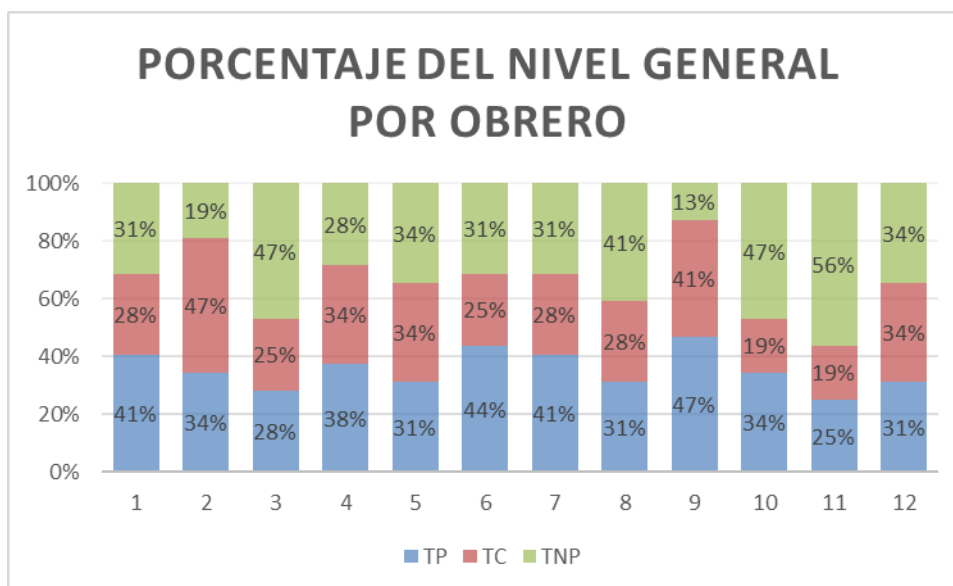


Figura 24. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 1.

#### 4.3.2 PLATEA DE CIMENTACION.

Partida correspondiente a “concreto armado”, constituida por la unión del concreto con la armadura de acero, teniendo como actividades el vaciado de concreto, colocación de aceros y encofrado y desencofrado.

#### Tabla 7

Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -

Colocación de Platea de cimentación sector D, E. Dia 2.

<i>Nº</i>	<i>Trabajador</i>	<i>TP</i>	<i>TC</i>	<i>TNP</i>	<i>TOTAL</i>
1	obrero 1	11	11	10	32
2	obrero 2	12	12	8	32
3	obrero 3	14	8	10	32
4	obrero 4	7	16	9	32
5	obrero 5	9	15	8	32
6	obrero 6	12	11	9	32
7	obrero 7	10	11	11	32
8	obrero 8	12	10	10	32
9	obrero 9	13	14	5	32
10	obrero 10	10	9	13	32
11	obrero 11	8	6	18	32
12	obrero 12	10	12	10	32
		128	135	121	384

HORAS	32	33.75	30.25	96
-------	----	-------	-------	----

<b>Tiempo Productivo</b>	<b>35.42</b>	<b>%</b>
<b>Tiempo Contributivo</b>	30.21	%
<b>Tiempo no contributivo</b>	34.38	%
	100.00	%

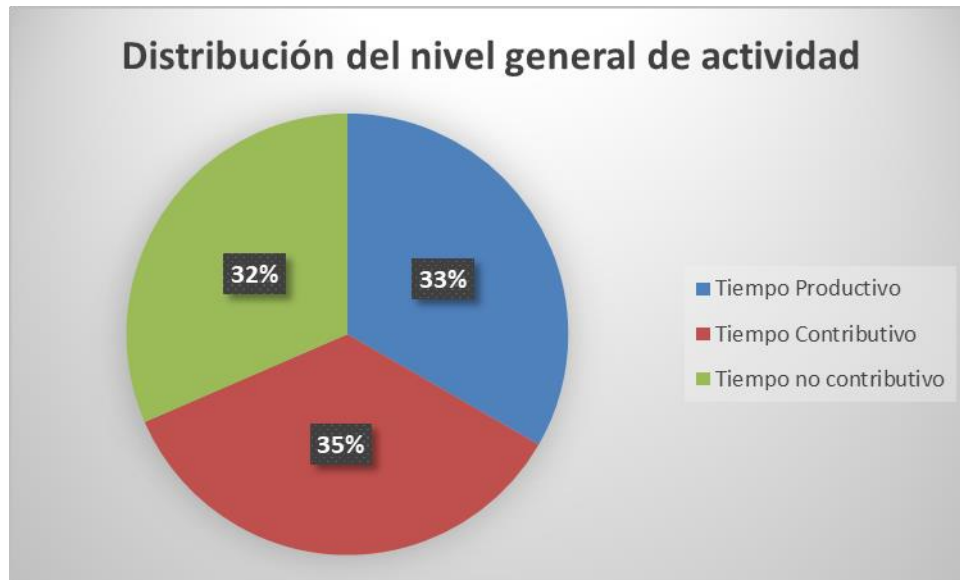


Figura 25. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 2

**Tabla 8**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 2 – TURNO MAÑANA*

TP	Trabajo Productivo	TP	66	34.38%
TC	Instrucciones	I	18	9.38%
TC	Mediciones	M	23	11.98%
TC	Limpieza	L	3	1.56%
TC	Transportes	T	6	3.13%
TC	Habilitación de material	H	17	8.85%
TC	Otros	X	6	3.13%
TNP	Esperas	E	35	18.23%
TNP	Descanso	D	2	1.04%
TNP	Tiempo ocioso	N	13	6.77%

TNP	Trabajos rehechos	R	3	1.56%
TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	0	0.00%
			192	100.00%

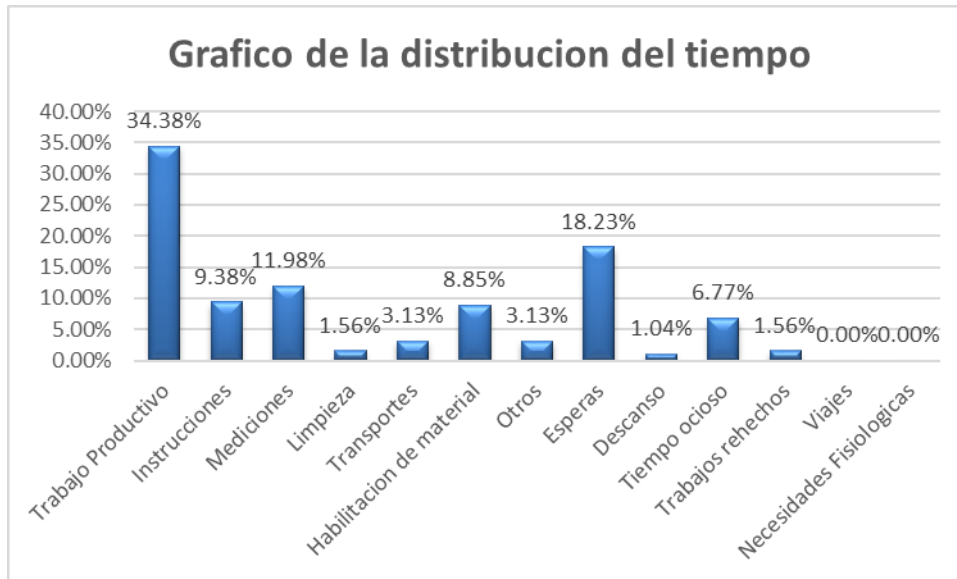


Figura 26. Pareto para la distribución del tiempo Dia 2 – TURNO MAÑANA

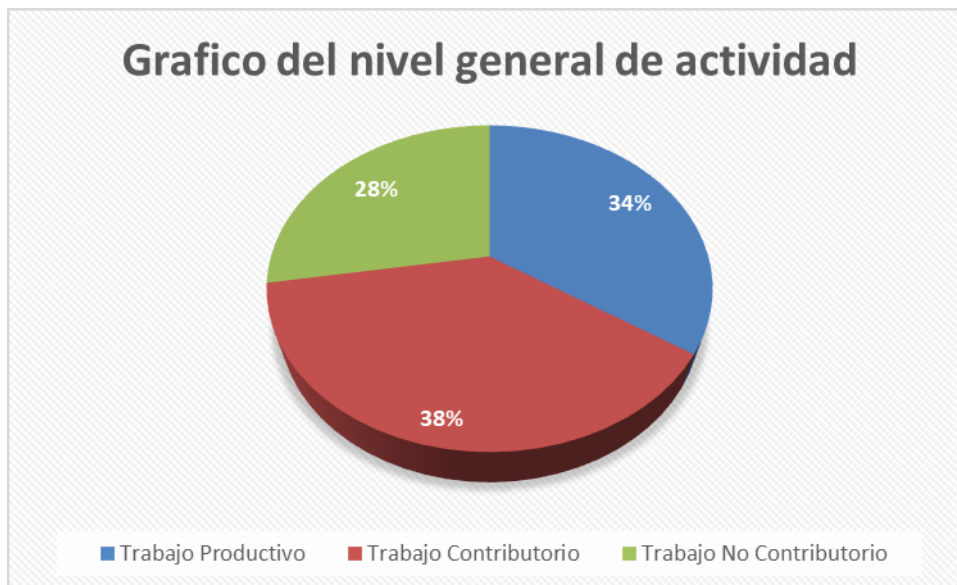


Figura 27. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 2- TURNO MAÑANA

**Tabla 9**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en platea de cimentación sector D, E. Día 2 – TURNO TARDE*

TP	Trabajo Productivo	TP	62	32.29%
TC	Instrucciones	I	5	2.60%
TC	Mediciones	M	26	13.54%
TC	Limpieza	L	4	2.08%
TC	Transportes	T	7	3.65%
TC	Habilitación de material	H	9	4.69%
TC	Otros	X	11	5.73%
TNP	Esperas	E	41	21.35%
TNP	Descanso	D	8	4.17%
TNP	Tiempo ocioso	N	7	3.65%
TNP	Trabajos rehechos	R	9	4.69%
TNP	Viajes	V	1	0.52%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	2	1.04%
			192	100.00%

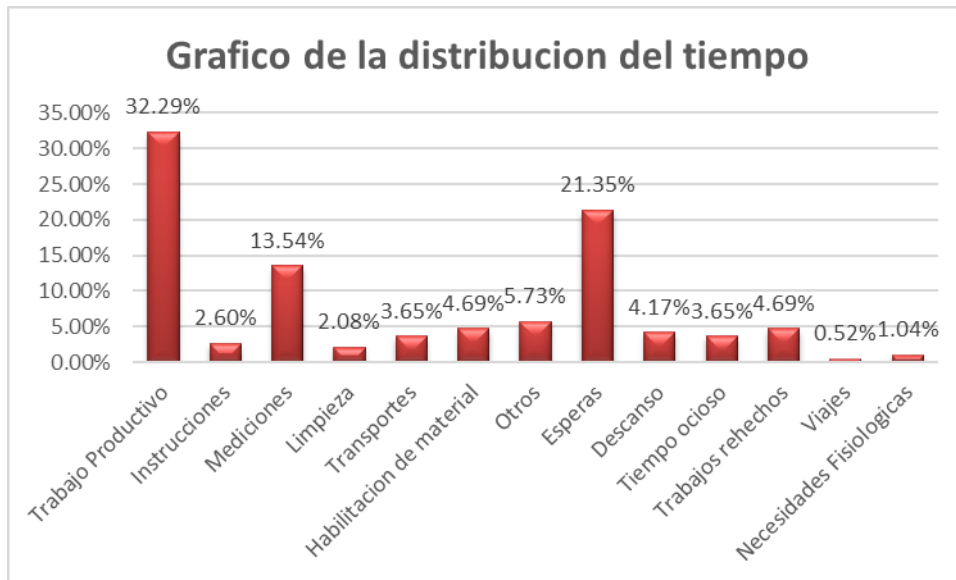


Figura 28. Pareto para la distribución del tiempo Dia 2– TURNO TARDE



Figura 29. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 2- TURNO TARDE

**Tabla 10**

Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 2.

<b>OBRERO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>TP</b>	34%	38%	44%	22%	28%	38%	31%	38%	41%	31%	25%	31%
<b>TC</b>	34%	38%	25%	50%	47%	34%	34%	31%	44%	28%	19%	38%
<b>TNP</b>	31%	25%	31%	28%	25%	28%	34%	31%	16%	41%	56%	31%

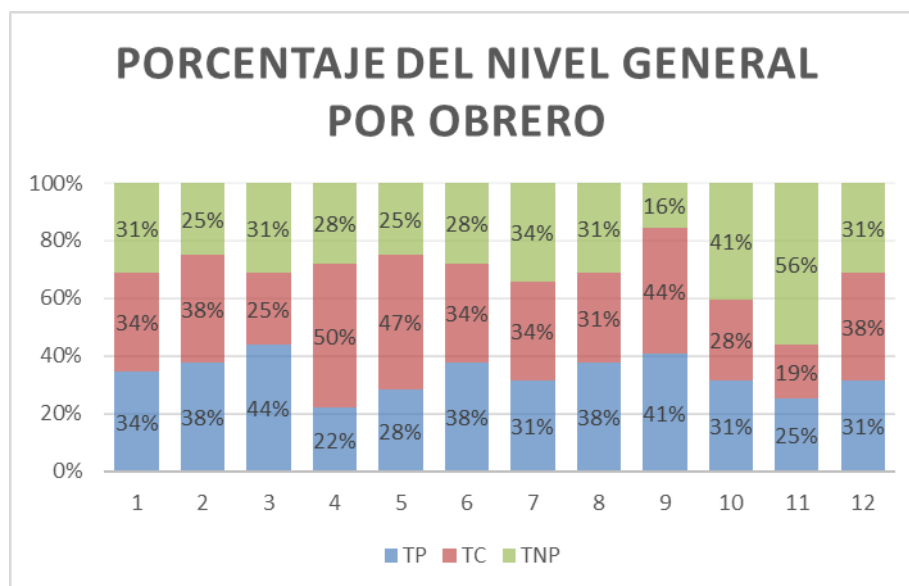


Figura 30. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 2.

### 4.3.3 LOSA PARA PISO.

Esta partida corresponde a las estructuras horizontales de concreto armado, que soportan cargas.

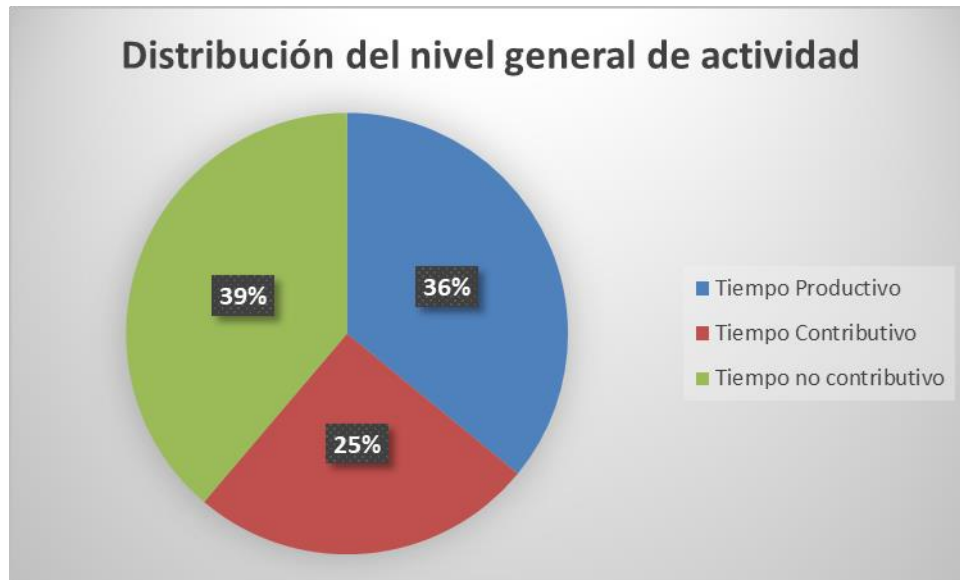
#### Tabla 11

Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -

Colocación de acero en Losa para piso sector D, E. Dia 3

Nº	TRABAJADOR	TP	TC	TNP	TOTAL
----	------------	----	----	-----	-------





**Figura 31.** Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 3

**Tabla 12**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en Losa para piso sector D, E. Día 3 – TURNO MAÑANA*

TP	Trabajo Productivo	TP	71	36.98%
TC	Instrucciones	I	11	5.73%
TC	Mediciones	M	14	7.29%
TC	Limpieza	L	10	5.21%
TC	Transportes	T	1	0.52%
TC	Habilitación de material	H	14	7.29%
TC	Otros	X	2	1.04%
TNP	Esperas	E	45	23.44%
TNP	Descanso	D	10	5.21%
TNP	Tiempo ocioso	N	9	4.69%
TNP	Trabajos rehechos	R	2	1.04%

TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	3	1.56%
			192	100.00%

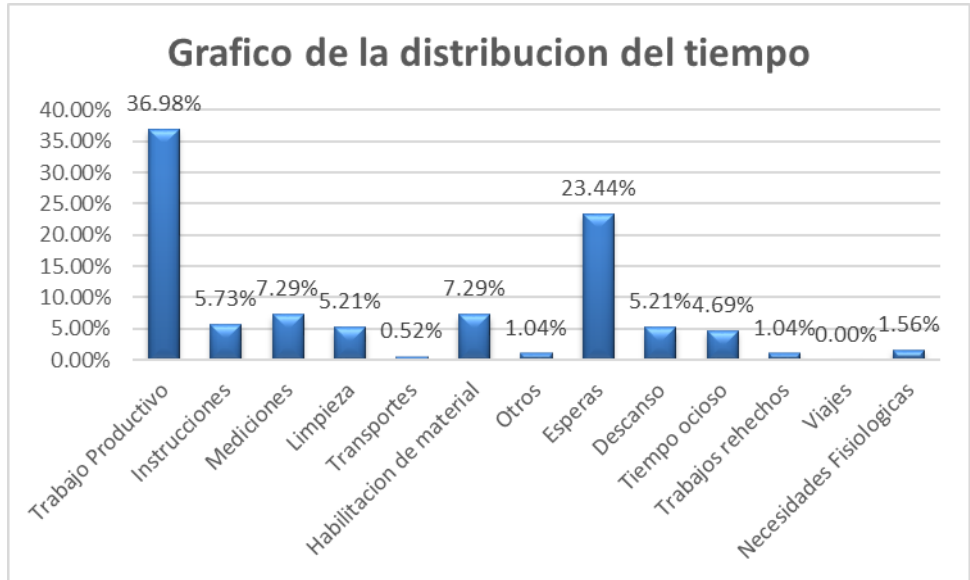


Figura 32. Pareto para la distribución del tiempo Dia 3 – TURNO MAÑANA

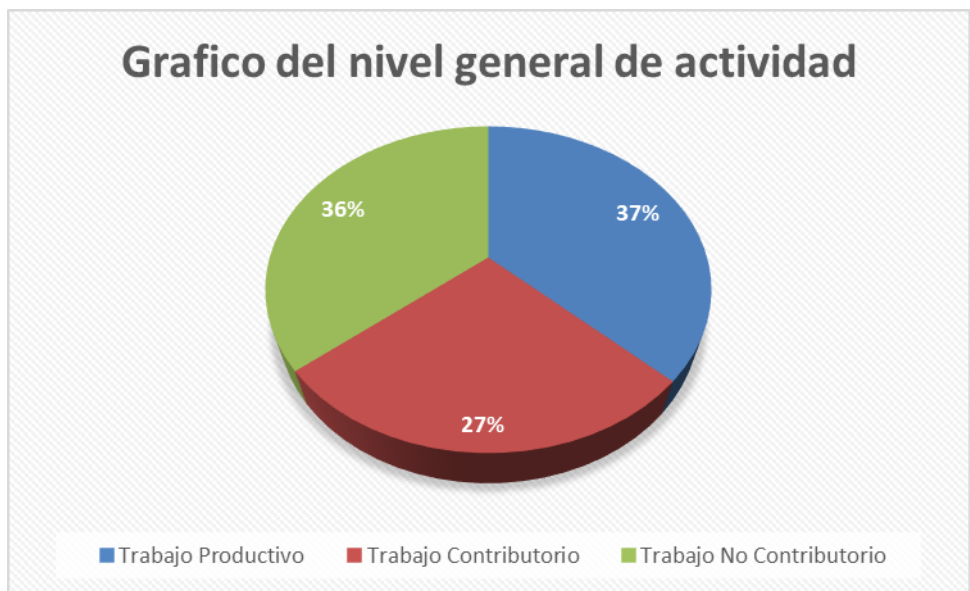


Figura 33. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 3 - TURNO MAÑANA

**Tabla 13**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –*

*Colocación de Acero en viga de cimentación sector D, E. Día 3 – TURNO TARDE*

TP	Trabajo Productivo	TP	67	34.90%
TC	Instrucciones	I	4	2.08%
TC	Mediciones	M	13	6.77%
TC	Limpieza	L	2	1.04%
TC	Transportes	T	2	1.04%
TC	Habilitación de material	H	14	7.29%
TC	Otros	X	10	5.21%
TNP	Esperas	E	60	31.25%
TNP	Descanso	D	8	4.17%
TNP	Tiempo ocioso	N	2	1.04%
TNP	Trabajos rehechos	R	9	4.69%
TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%

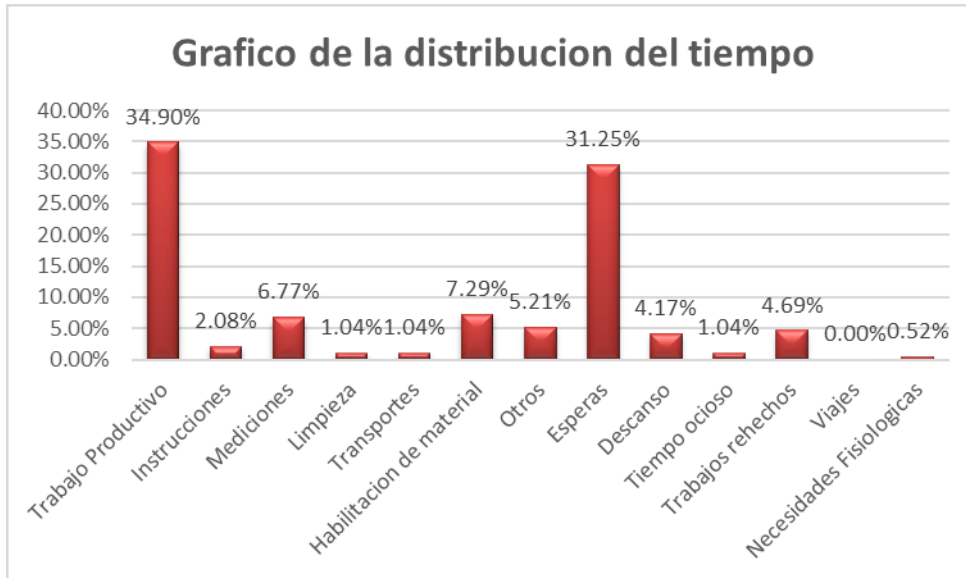


Figura 34. Pareto para la distribución del tiempo nov-2019 – Dia 3



Figura 35. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 3 - TURNO TARDE

**Tabla 14**

Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 3.

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TP	41%	47%	25%	47%	28%	25%	34%	31%	50%	47%	28%	28%

<b>TC</b>	28%	31%	31%	28%	34%	19%	19%	22%	28%	13%	22%	28%
<b>TNP</b>	31%	22%	44%	25%	38%	56%	47%	47%	22%	41%	50%	44%

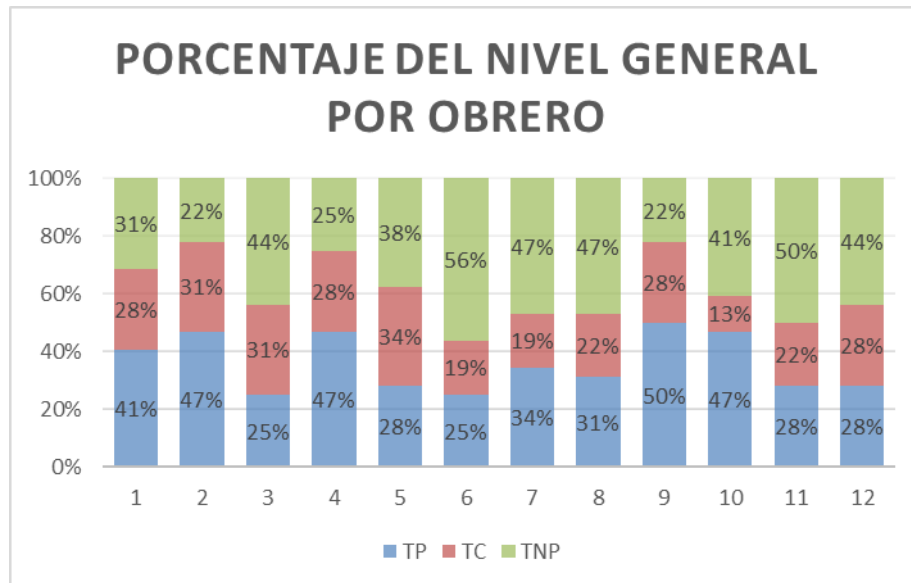


Figura 36. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 3

#### 4.3.4 PEDESTAL, AISLADOR Y DESLIZADOR SISMICO

Tabla 15

Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -

Colocación de Acero en pedestal, aislador y deslizador sísmico sector D, E. Dia 4

Nº	TRABAJADOR	TP	TC	TNP	TOTAL
1	obrero 1	12	9	11	32
2	obrero 2	8	8	16	32
3	obrero 3	9	9	14	32
4	obrero 4	9	9	14	32
5	obrero 5	7	16	9	32

<b>6</b>	obrero 6	11	7	14	32
<b>7</b>	obrero 7	9	8	15	32
<b>8</b>	obrero 8	10	9	13	32
<b>9</b>	obrero 9	15	13	4	32
<b>10</b>	obrero 10	11	7	14	32
<b>11</b>	obrero 11	8	8	16	32
<b>12</b>	obrero 12	11	9	12	32
		120	112	152	384

HORAS	30	28	38	96
-------	----	----	----	----

Tiempo Productivo 31.25 %

Tiempo Contributivo 29.17 %

Tiempo no contributivo 39.58 %

100.00 %

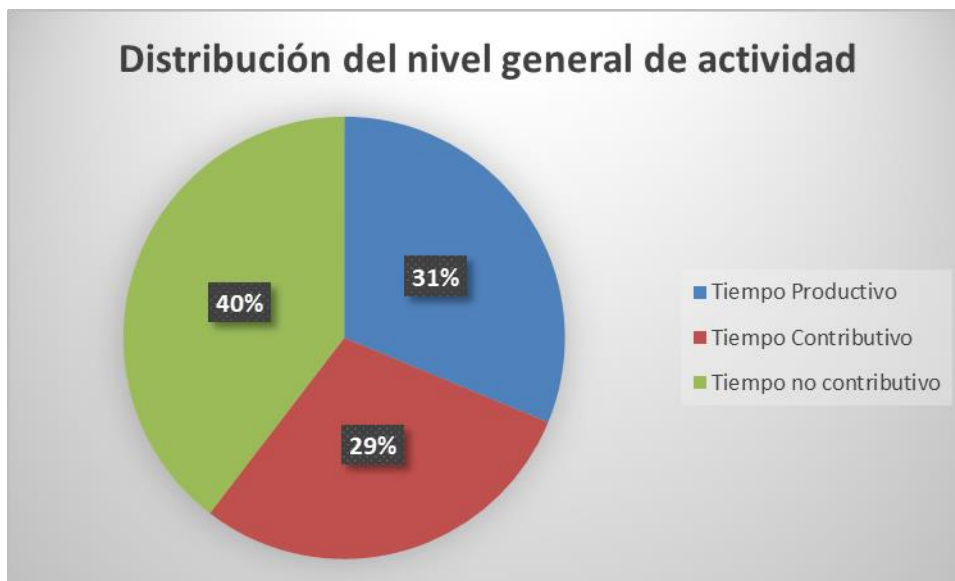


Figura 37. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 4

**Tabla 16**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –  
Colocación de Acero en pedestal, aislador y deslizador sísmico sector D, E. Día 4 –  
TURNO MAÑANA*

TP	Trabajo Productivo	TP	53	27.60%
TC	Instrucciones	I	14	7.29%
TC	Mediciones	M	21	10.94%
TC	Limpieza	L	5	2.60%
TC	Transportes	T	1	0.52%
TC	Habilitación de material	H	16	8.33%
TC	Otros	X	6	3.13%
TNP	Esperas	E	59	30.73%
TNP	Descanso	D	6	3.13%
TNP	Tiempo ocioso	N	8	4.17%
TNP	Trabajos rehechos	R	2	1.04%
TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%

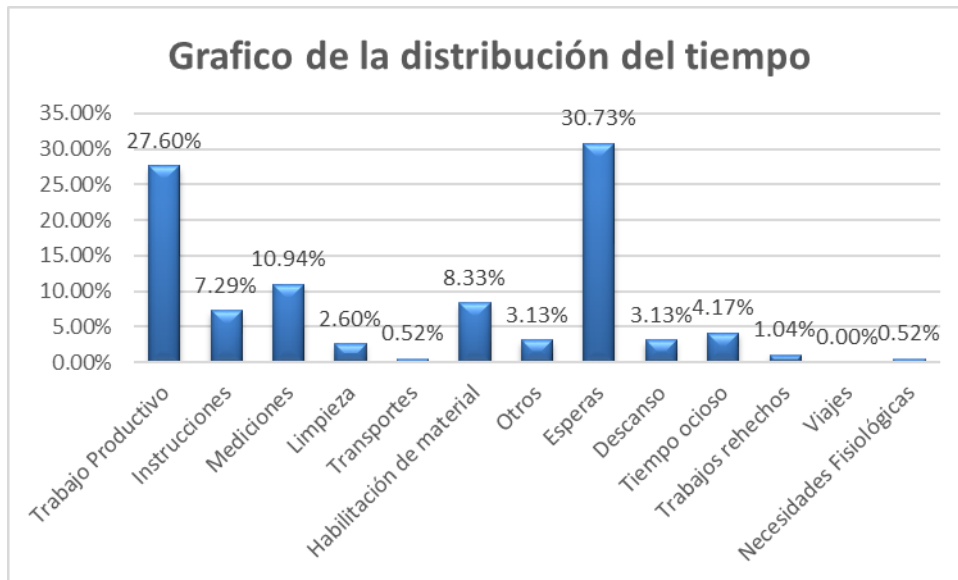


Figura 38. Pareto para la distribución del tiempo Dia 4 – TURNO MAÑANA

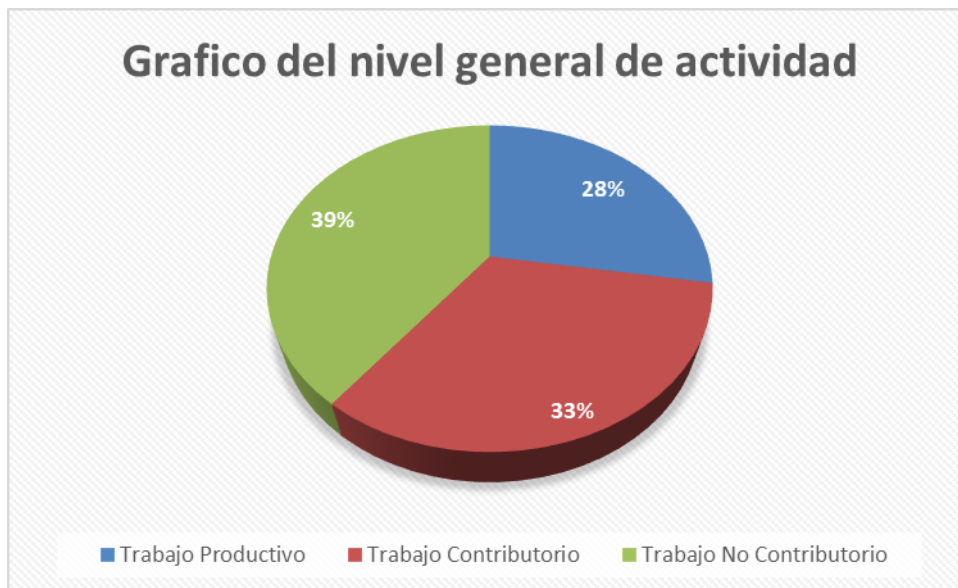


Figura 39. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 4- TURNO MAÑANA

**Tabla 17**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en pedestal, aislador y deslizador sísmico sector D, E. Día 4 – TURNO TARDE*

TP	Trabajo Productivo	TP	67	34.90%
TC	Instrucciones	I	5	2.60%
TC	Mediciones	M	16	8.33%
TC	Limpieza	L	3	1.56%
TC	Transportes	T	4	2.08%
TC	Habilitación de material	H	13	6.77%
TC	Otros	X	8	4.17%
TNP	Esperas	E	58	30.21%
TNP	Descanso	D	7	3.65%
TNP	Tiempo ocioso	N	4	2.08%
TNP	Trabajos rehechos	R	5	2.60%
TNP	Viajes	V	1	0.52%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%

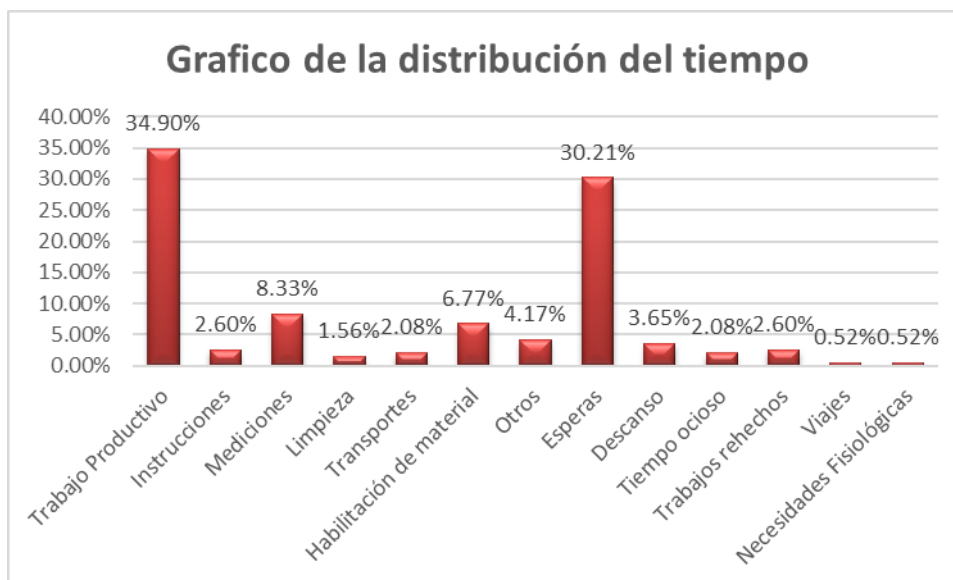


Figura 40. Pareto para la distribución del tiempo Dia 4 – TURNO TARDE



Figura 41. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 4- TURNO TARDE

**Tabla 18**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 4.*

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TP	38%	25%	28%	28%	22%	34%	28%	31%	47%	34%	25%	34%

<b>TC</b>	28%	25%	28%	28%	50%	22%	25%	28%	41%	22%	25%	28%
<b>TNP</b>	34%	50%	44%	44%	28%	44%	47%	41%	13%	44%	50%	38%

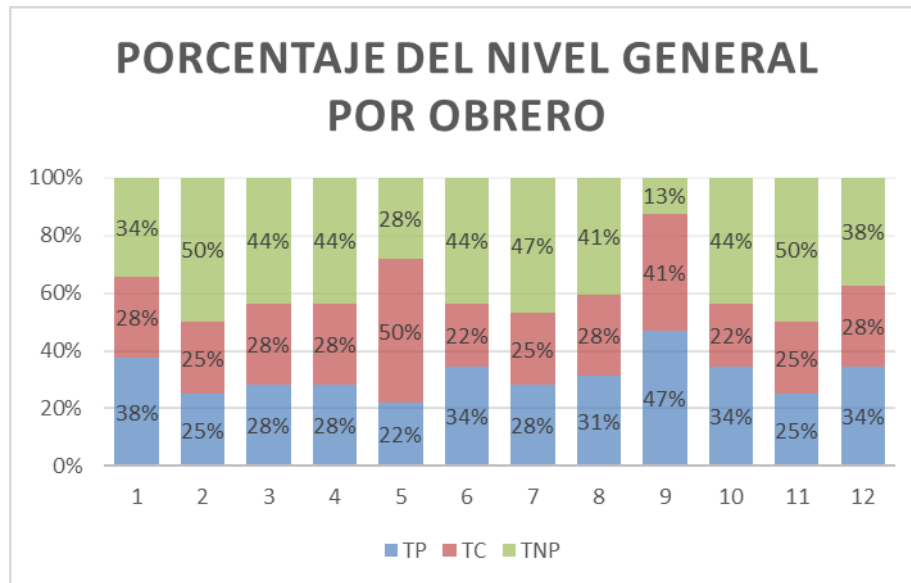


Figura 42. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 4

#### 4.3.5 MUROS REFORZADOS.

##### a. MUROS DE CONTENCIÓN EN CIMENTACION

Partida que corresponde a las estructuras de muro de contención reforzada de concreto armado, que además soportan cargas de la estructura.

**Tabla 19**

Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en muro de contención en cimentación sector D, E. Dia 5

Nº	TRABAJADOR	TP	TC	TNP	TOTAL
1	obrero 1	13	11	8	32
2	obrero 2	9	13	10	32

<b>3</b>	obrero 3	12	10	10	32
<b>4</b>	obrero 4	12	10	10	32
<b>5</b>	obrero 5	11	6	15	32
<b>6</b>	obrero 6	7	11	14	32
<b>7</b>	obrero 7	16	11	5	32
<b>8</b>	obrero 8	13	7	12	32
<b>9</b>	obrero 9	14	9	9	32
<b>10</b>	obrero 10	13	5	14	32
<b>11</b>	obrero 11	6	13	13	32
<b>12</b>	obrero 12	11	11	10	32
		137	117	130	384

HORAS	34.25	29.25	32.5	96
-------	-------	-------	------	----

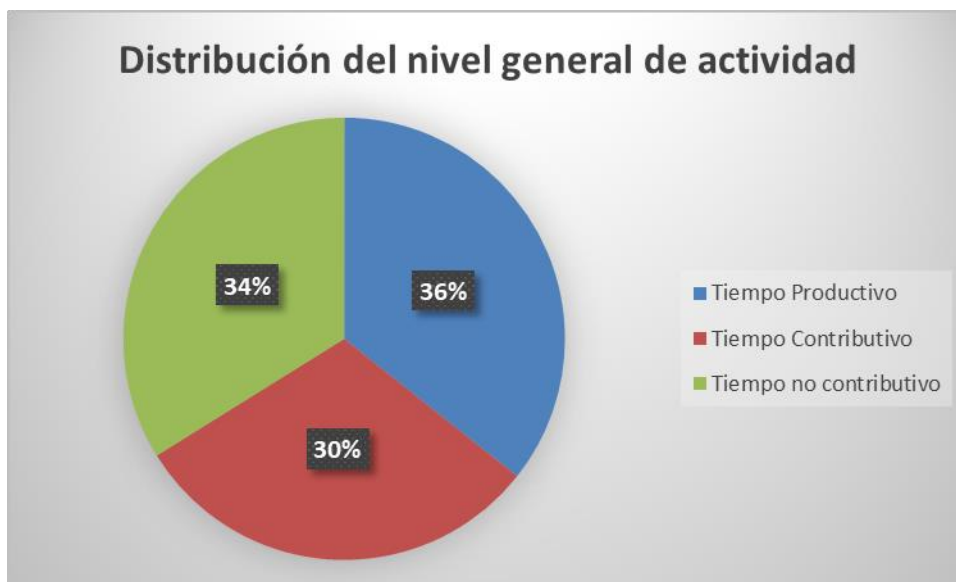


Figura 43. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 5

**Tabla 20**

Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –  
Colocación de Acero en muro de contención en cimentación sector D, E. Día 5 – TURNO  
MAÑANA

TP	Trabajo Productivo	TP	72	37.50%
TC	Instrucciones	I	15	7.81%
TC	Mediciones	M	32	16.67%
TC	Limpieza	L	1	0.52%
TC	Transportes	T	3	1.56%
TC	Habilitación de material	H	10	5.21%
TC	Otros	X	10	5.21%
TNP	Esperas	E	40	20.83%
TNP	Descanso	D	3	1.56%
TNP	Tiempo ocioso	N	3	1.56%
TNP	Trabajos rehechos	R	2	1.04%
TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%

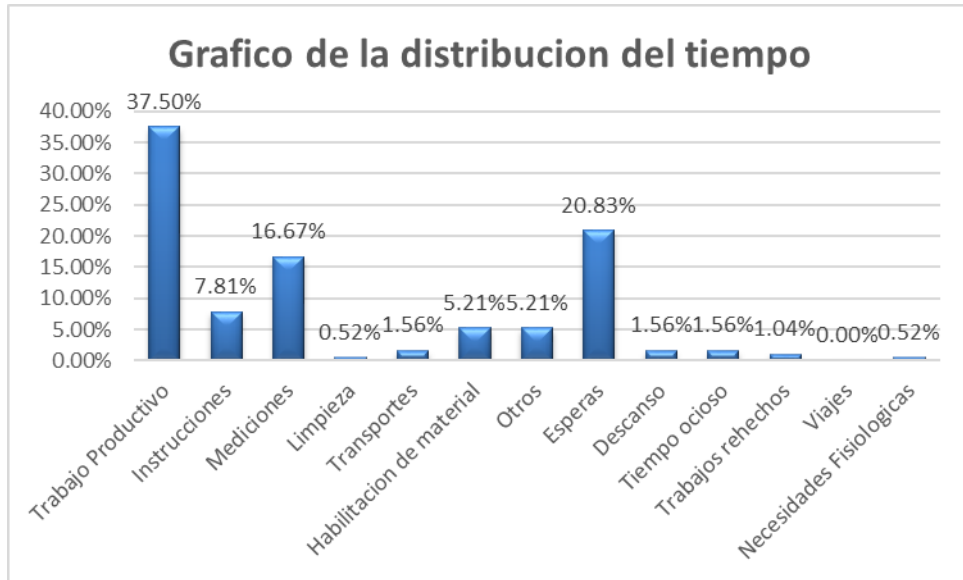


Figura 44. Pareto para la distribución del tiempo Dia 5 – TURNO MAÑANA

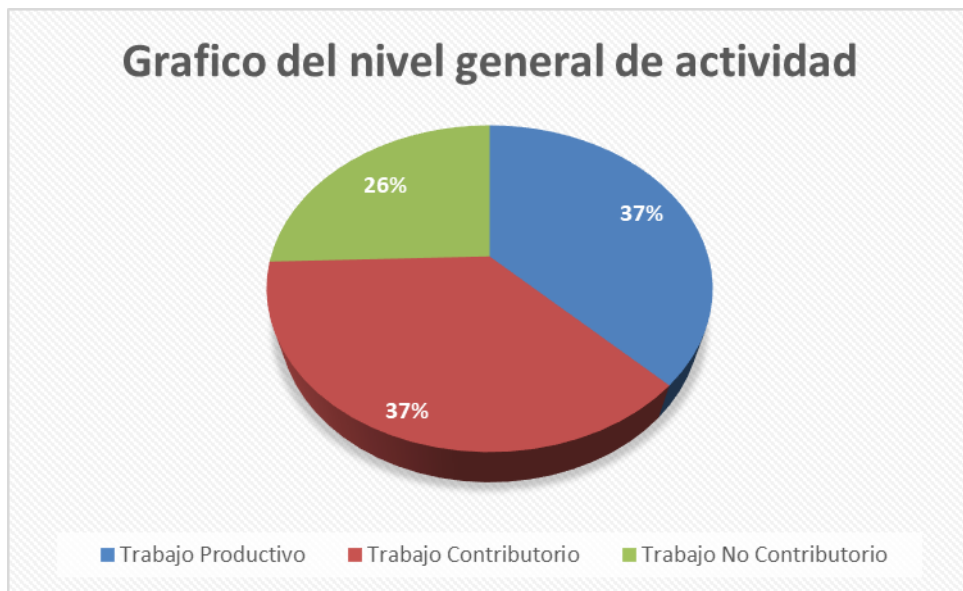


Figura 45. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 5- TURNO MAÑANA

**Tabla 21**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en muro de contención en cimentación sector D, E. Día 5 – TURNO TARDE*

<b>TP</b>	<b>Trabajo Productivo</b>	<b>TP</b>	<b>65</b>	<b>33.85%</b>
<b>TC</b>	Instrucciones	I	5	2.60%
<b>TC</b>	Mediciones	M	13	6.77%
<b>TC</b>	Limpieza	L	4	2.08%
<b>TC</b>	Transportes	T	6	3.13%
<b>TC</b>	Habilitación de material	H	10	5.21%
<b>TC</b>	Otros	X	8	4.17%
<b>TNP</b>	Esperas	E	59	30.73%
<b>TNP</b>	Descanso	D	12	6.25%
<b>TNP</b>	Tiempo ocioso	N	5	2.60%
<b>TNP</b>	Trabajos rehechos	R	4	2.08%
<b>TNP</b>	Viajes	V	0	0.00%
<b>TNP</b>	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%

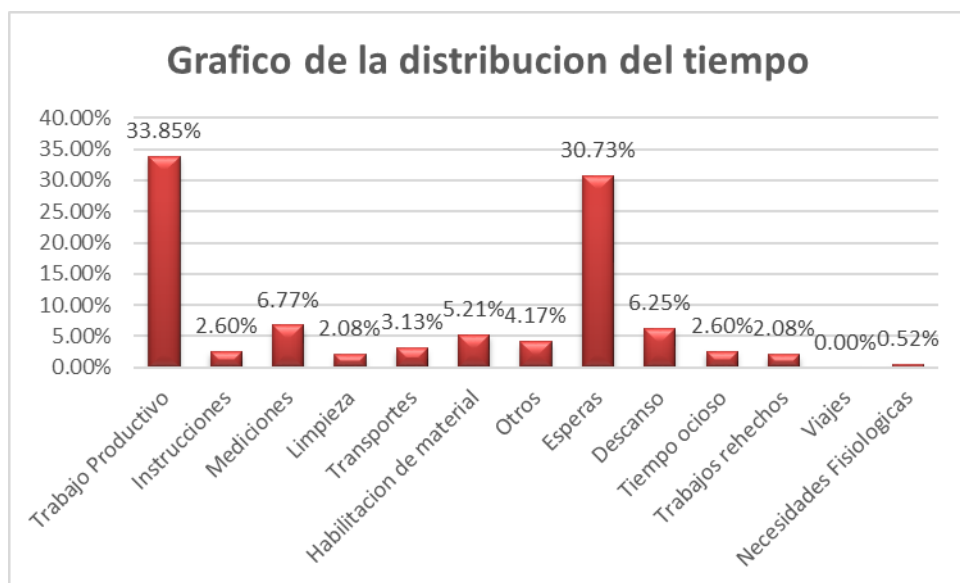


Figura 46. Pareto para la distribución del tiempo Dia 5 – TURNO TARDE



Figura 47. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 5- TURNO TARDE

**Tabla 22**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 5.*

<b>OBRERO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>TP</b>	41%	28%	38%	38%	34%	22%	50%	41%	44%	41%	19%	34%
<b>TC</b>	34%	41%	31%	31%	19%	34%	34%	22%	28%	16%	41%	34%
<b>TNP</b>	25%	31%	31%	31%	47%	44%	16%	38%	28%	44%	41%	31%

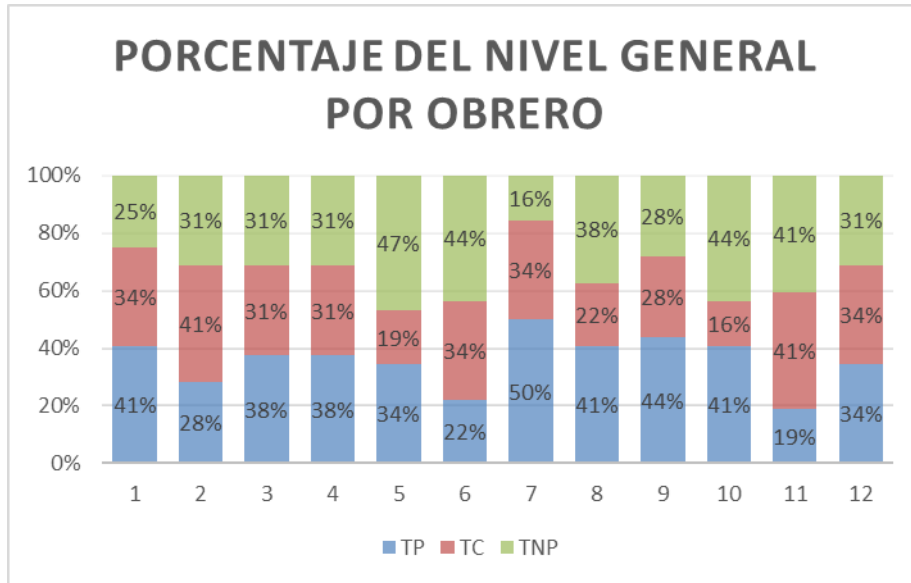


Figura 48. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 5

#### 4.3.6 MUROS O PLACAS COLUMNAS.

**Tabla 23**

*Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -  
Colocación de Acero en muros o placas columnas sector D, E. Dia 6*

Nº	TRABAJADOR	TP	TC	TNP	TOTAL
1	obrero 1	15	11	6	32
2	obrero 2	12	9	11	32
3	obrero 3	9	13	10	32
4	obrero 4	11	8	13	32
5	obrero 5	10	11	11	32
6	obrero 6	12	3	17	32
7	obrero 7	16	4	12	32
8	obrero 8	7	13	12	32

<b>9</b>	obrero 9	13	15	4	32
<b>10</b>	obrero 10	12	9	11	32
<b>11</b>	obrero 11	12	6	14	32
<b>12</b>	obrero 12	12	12	8	32
		141	114	129	384

HORAS	35.25	28.5	32.25	96
-------	-------	------	-------	----

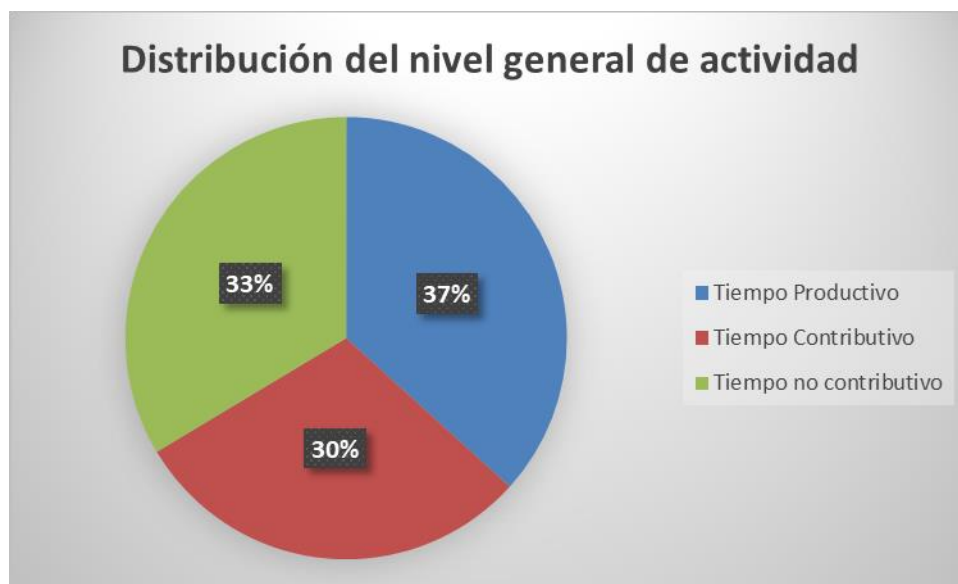


Figura 49. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 6

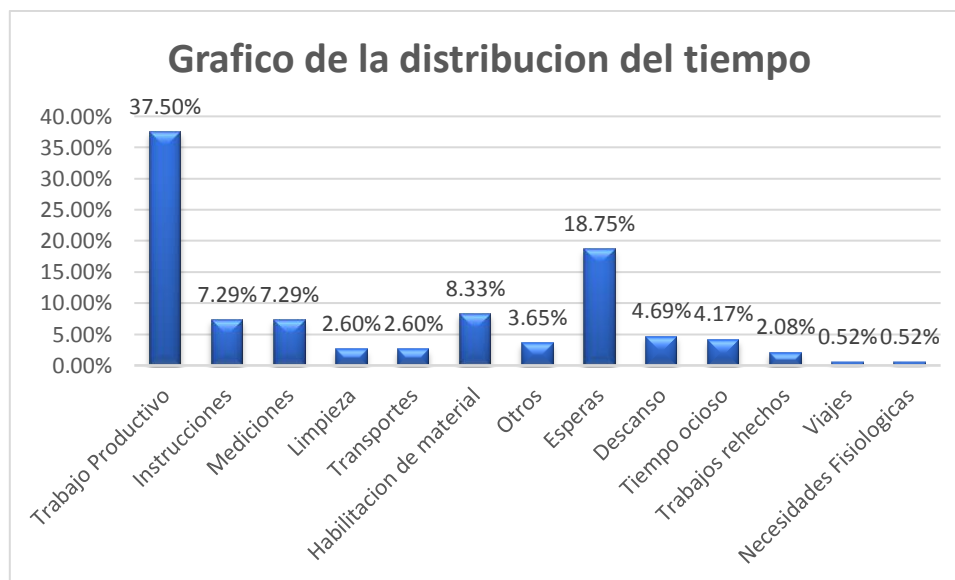
**Tabla 24**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –*

*Colocación de Acero en muros o placas columnas sector D, E. Día 6 – TURNO MAÑANA*

<b>TP</b>	<b>Trabajo</b>	<b>TP</b>	<b>72</b>	<b>37.50%</b>
	<b>Productivo</b>			
<b>TC</b>	Instrucciones	<b>I</b>	14	7.29%

<b>TC</b>	Mediciones	M	14	7.29%
<b>TC</b>	Limpieza	L	5	2.60%
<b>TC</b>	Transportes	T	5	2.60%
<b>TC</b>	Habilitación de material	H	16	8.33%
<b>TC</b>	Otros	X	7	3.65%
<b>TNP</b>	Esperas	E	36	18.75%
<b>TNP</b>	Descanso	D	9	4.69%
<b>TNP</b>	Tiempo ocioso	N	8	4.17%
<b>TNP</b>	Trabajos rehechos	R	4	2.08%
<b>TNP</b>	Viajes	V	1	0.52%
<b>TNP</b>	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%



*Figura 50.* Pareto para la distribución del tiempo Dia 6 – TURNO MAÑANA

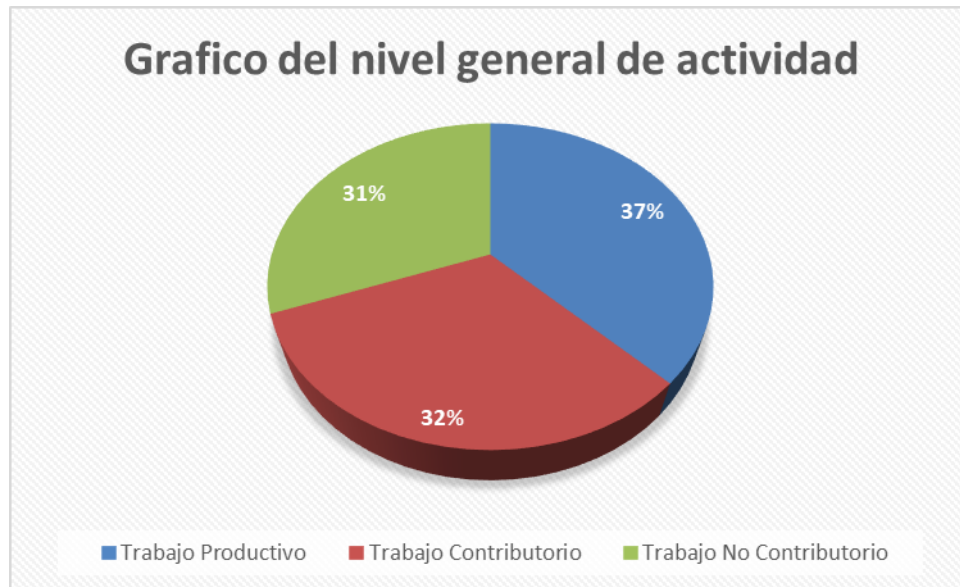


Figura 51. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 6- TURNO MAÑANA

**Tabla 25**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –*

*Colocación de Acero en muros o placas columnas sector D, E. Día 6 – TURNO TARDE*

<b>TP</b>	<b>Trabajo Productivo</b>	<b>TP</b>	<b>69</b>	<b>35.94%</b>
TC	Instrucciones	I	4	2.08%
TC	Mediciones	M	13	6.77%
TC	Limpieza	L	8	4.17%
TC	Transportes	T	4	2.08%
TC	Habilitación de material	H	16	8.33%
TC	Otros	X	8	4.17%
<b>TNP</b>	<b>Esperas</b>	<b>E</b>	<b>58</b>	<b>30.21%</b>
TNP	Descanso	D	6	3.13%
TNP	Tiempo ocioso	N	3	1.56%
TNP	Trabajos rehechos	R	2	1.04%
TNP	Viajes	V	1	0.52%

<b>TNP</b>	Necesidades Fisiológicas	B	0	0.00%
			192	100.00%

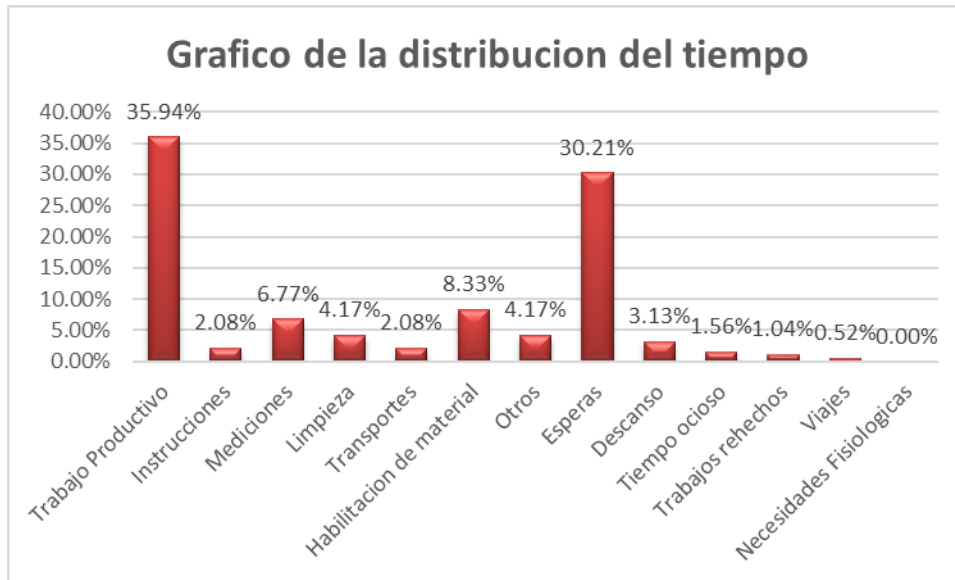


Figura 52. Pareto para la distribución del tiempo Dia 6 – TURNO TARDE



Figura 53. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 6- TURNO TARDE

**Tabla 26**

Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 6.

<b>OBRERO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>TP</b>	47%	38%	28%	34%	31%	38%	50%	22%	41%	38%	38%	38%
<b>TC</b>	34%	28%	41%	25%	34%	9%	13%	41%	47%	28%	19%	38%
<b>TNP</b>	19%	34%	31%	41%	34%	53%	38%	38%	13%	34%	44%	25%

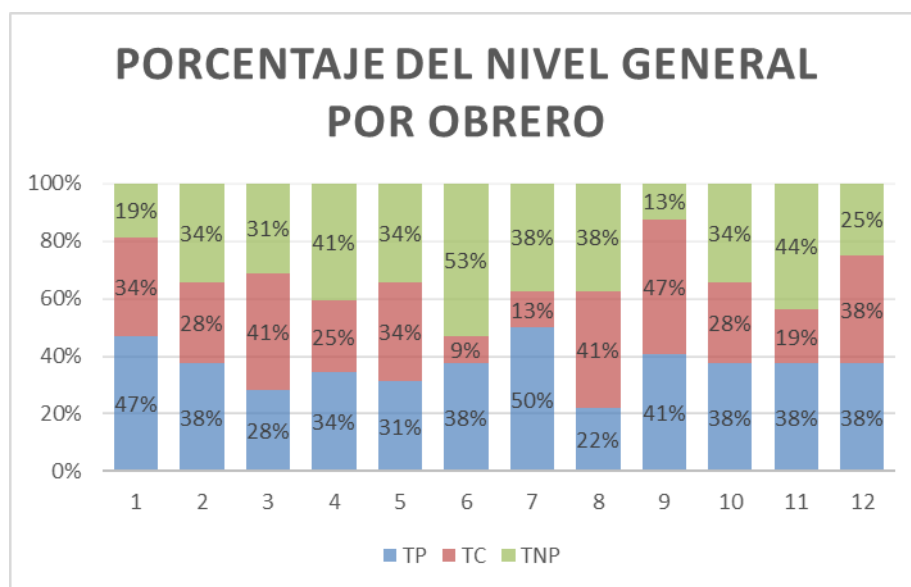


Figura 54. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 6

#### 4.3.7 COLUMNETAS

**Tabla 27**

Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -

Colocación de Acero en columnetas sector D, E. Dia 7

<b>Nº</b>	<b>TRABAJADOR</b>	<b>TP</b>	<b>TC</b>	<b>TNP</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	obrero 1	11	10	11	32
<b>2</b>	obrero 2	7	14	11	32

<b>3</b>	obrero 3	11	11	10	32
<b>4</b>	obrero 4	11	11	10	32
<b>5</b>	obrero 5	12	13	7	32
<b>6</b>	obrero 6	16	9	7	32
<b>7</b>	obrero 7	11	12	9	32
<b>8</b>	obrero 8	12	10	10	32
<b>9</b>	obrero 9	14	13	5	32
<b>10</b>	obrero 10	14	9	9	32
<b>11</b>	obrero 11	11	8	13	32
<b>12</b>	obrero 12	13	9	10	32
		143	129	112	384

HORAS	35.75	32.25	28	96
-------	-------	-------	----	----

Tiempo Productivo 37.24 %

Tiempo Contributivo 33.59 %

Tiempo no contributivo 29.17 %

100.00 %

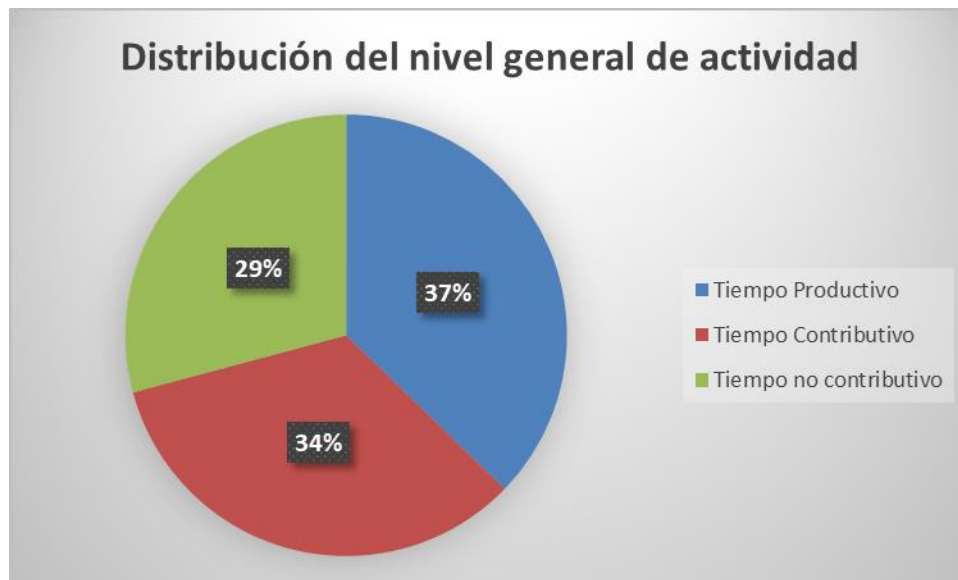


Figura 55. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 7

**Tabla 28**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en columnetas sector D, E. Dia 7 – TURNO MAÑANA*

<b>TP</b>	<b>Trabajo Productivo</b>	TP	83	43.23%
TC	Instrucciones	I	12	6.25%
TC	Mediciones	M	29	15.10%
TC	Limpieza	L	2	1.04%
TC	Transportes	T	2	1.04%
TC	Habilitación de material	H	16	8.33%
TC	Otros	X	6	3.13%
TNP	Esperas	E	31	16.15%
TNP	Descanso	D	2	1.04%
TNP	Tiempo ocioso	N	5	2.60%
TNP	Trabajos rehechos	R	4	2.08%

TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	0	0.00%
			192	100.00%

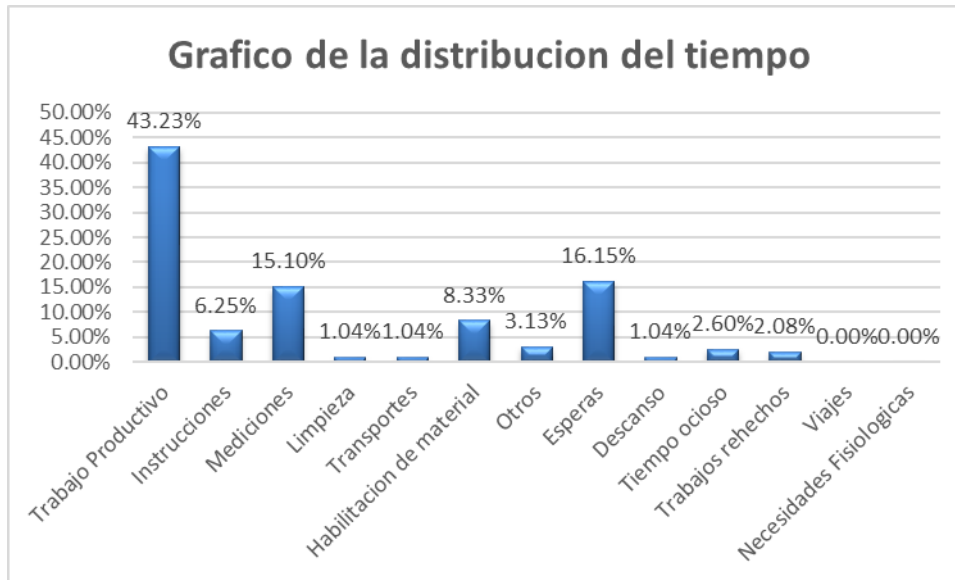


Figura 56. Pareto para la distribución del tiempo Dia 7 – TURNO MAÑANA

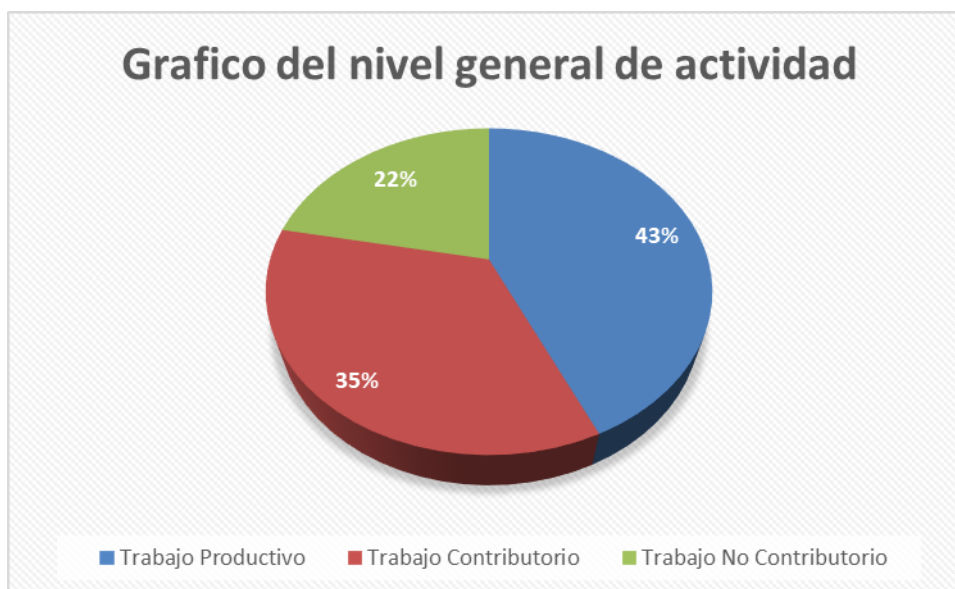


Figura 57. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 7- TURNO MAÑANA

**Tabla 29**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –*

*Colocación de Acero en columnetas sector D, E. Día 7 – TURNO TARDE*

<b>TP</b>	<b>Trabajo Productivo</b>	<b>TP</b>	<b>60</b>	<b>31.25%</b>
TC	Instrucciones	I	6	3.13%
TC	Mediciones	M	18	9.38%
TC	Limpieza	L	9	4.69%
TC	Transportes	T	5	2.60%
TC	Habilitación de material	H	14	7.29%
TC	Otros	X	10	5.21%
TNP	Esperas	E	59	30.73%
TNP	Descanso	D	2	1.04%
TNP	Tiempo ocioso	N	4	2.08%
TNP	Trabajos rehechos	R	4	2.08%
TNP	Viajes	V	1	0.52%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	0	0.00%
			192	100.00%

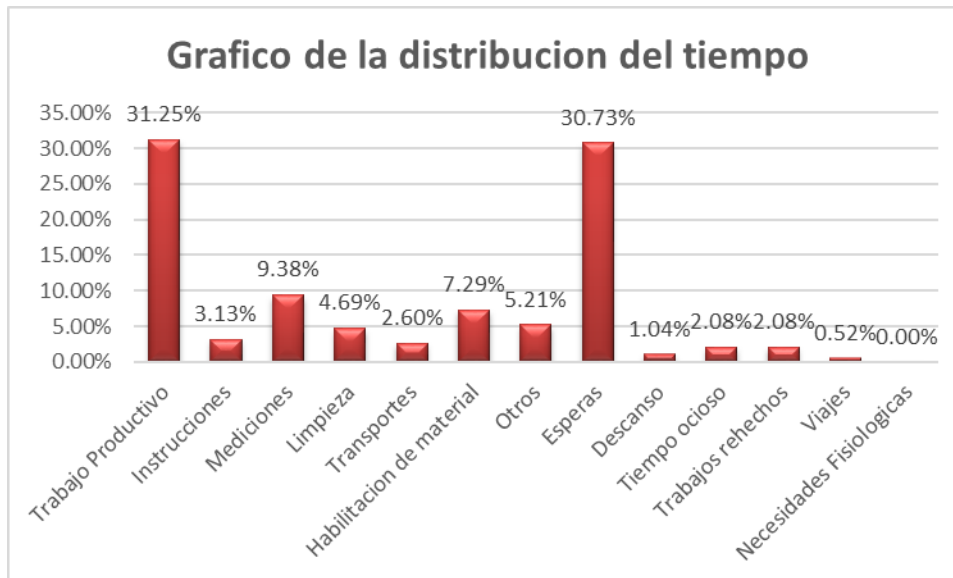


Figura 58. Pareto para la distribución del tiempo Dia 7 – TURNO TARDE



Figura 59. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 7- TURNO TARDE

**Tabla 30**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 7.*

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TP	34%	22%	34%	34%	38%	50%	34%	38%	44%	44%	34%	41%

<b>TC</b>	31%	44%	34%	34%	41%	28%	38%	31%	41%	28%	25%	28%
<b>TNP</b>	34%	34%	31%	31%	22%	22%	28%	31%	16%	28%	41%	31%

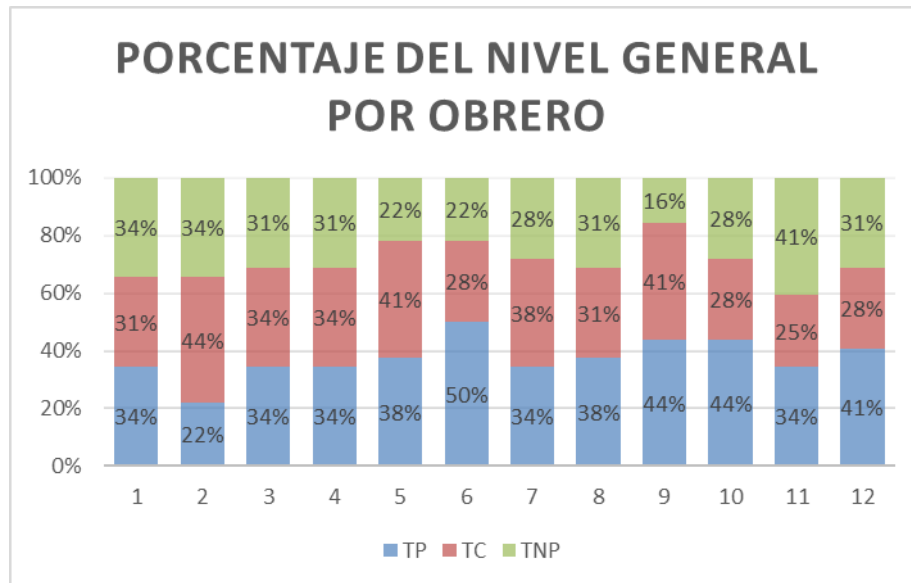


Figura 60. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 7

#### 4.3.8 VIGAS, PERALTADAS Y CHATAS.

Tabla 31

Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en vigas peraltadas y chatas sector D, E. Dia 8

Nº	TRABAJADOR	TP	TC	TNP	TOTAL
1	obrero 1	14	8	10	32
2	obrero 2	10	10	12	32
3	obrero 3	11	9	12	32
4	obrero 4	8	11	13	32
5	obrero 5	11	8	13	32

<b>6</b>	obrero 6	11	8	13	32
<b>7</b>	obrero 7	15	5	12	32
<b>8</b>	obrero 8	8	8	16	32
<b>9</b>	obrero 9	12	13	7	32
<b>10</b>	obrero 10	9	7	16	32
<b>11</b>	obrero 11	10	10	12	32
<b>12</b>	obrero 12	9	9	14	32
		128	106	150	384

HORAS	32	26.5	37.5	96
-------	----	------	------	----

Tiempo Productivo 33.33 %

Tiempo Contributivo 27.60 %

Tiempo no contributivo 39.06 %

100.00 %

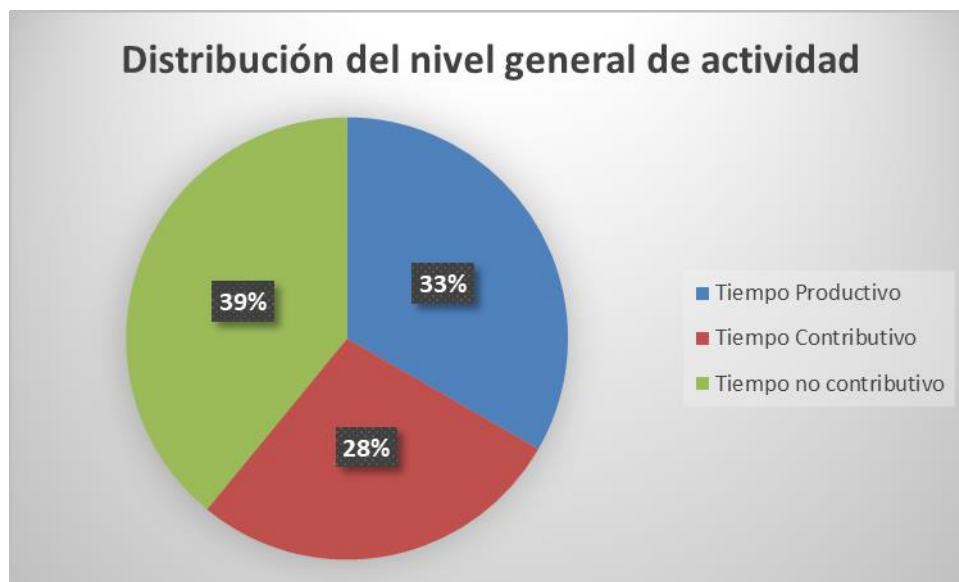


Figura 61. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Día 8

**Tabla 32**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en vigas peraltadas y chatas sector D, E. Día 8 – TURNO MAÑANA*

TP	Trabajo Productivo	TP	68	35.42%
TC	Instrucciones	I	12	6.25%
TC	Mediciones	M	13	6.77%
TC	Limpieza	L	6	3.13%
TC	Transportes	T	2	1.04%
TC	Habilitación de material	H	14	7.29%
TC	Otros	X	8	4.17%
TNP	Esperas	E	43	22.40%
TNP	Descanso	D	11	5.73%
TNP	Tiempo ocioso	N	9	4.69%
TNP	Trabajos rehechos	R	4	2.08%
TNP	Viajes	V	1	0.52%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%

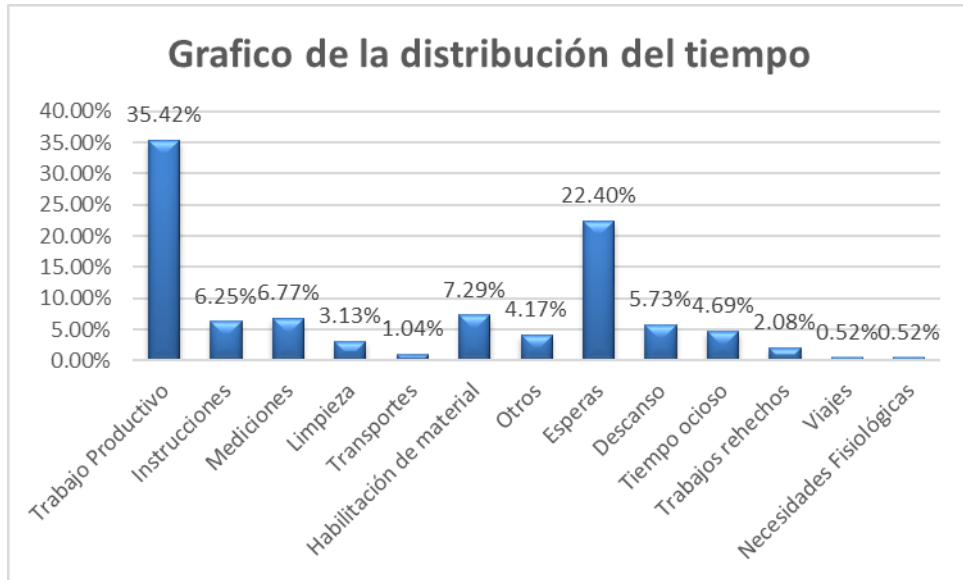


Figura 62. Pareto para la distribución del tiempo Dia 8 – TURNO MAÑANA

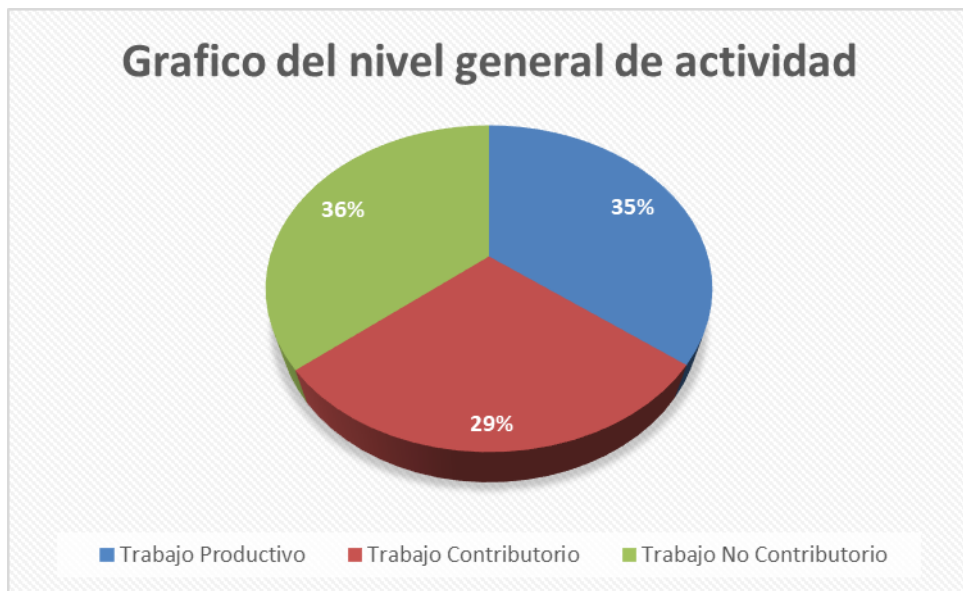


Figura 63. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 8 - TURNO MAÑANA

**Tabla 33**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –*

*Colocación de Acero en vigas peraltadas y chatas sector D, E. Día 8 – TURNO TARDE*

TP	Trabajo	TP	60	31.25%
----	---------	----	----	--------

Productivo				
TC	Instrucciones	I	7	3.65%
TC	Mediciones	M	14	7.29%
TC	Limpieza	L	3	1.56%
TC	Transportes	T	2	1.04%
TC	Habilitación de material	H	15	7.81%
TC	Otros	X	10	5.21%
TNP	Esperas	E	69	35.94%
TNP	Descanso	D	4	2.08%
TNP	Tiempo ocioso	N	2	1.04%
TNP	Trabajos rehechos	R	5	2.60%
TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%

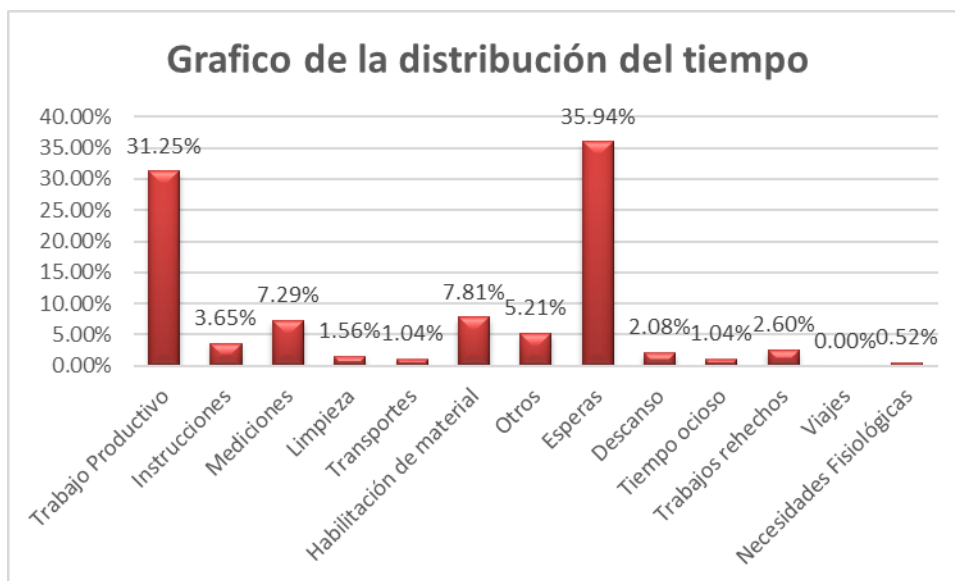


Figura 64. Pareto para la distribución del tiempo Dia 8 – TURNO TARDE



*Figura 65. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 8- TURNO TARDE*

**Tabla 34**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 8.*

<b>OBRERO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>TP</b>	44%	31%	34%	25%	34%	34%	47%	25%	38%	28%	31%	28%
<b>TC</b>	25%	31%	28%	34%	25%	25%	16%	25%	41%	22%	31%	28%
<b>TNP</b>	31%	38%	38%	41%	41%	41%	38%	50%	22%	50%	38%	44%

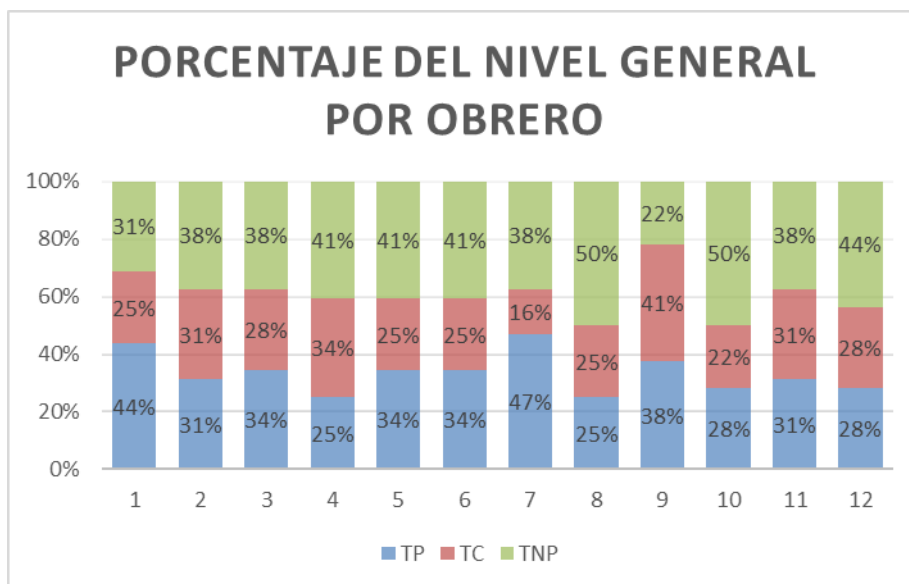


Figura 66. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 8

#### 4.3.9 VIGAS DE AMARRE EN TABIQUERIA Y PARAPETOS.

Tabla 35

Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -Colocación de Acero en vigas de amarre en tabiquería y parapetos sector D, E. Dia 9

Nº	TRABAJADOR	TP	TC	TNP	TOTAL
1	obrero 1	16	7	9	32
2	obrero 2	11	15	6	32
3	obrero 3	15	7	10	32
4	obrero 4	7	14	11	32
5	obrero 5	12	5	15	32
6	obrero 6	8	10	14	32
7	obrero 7	9	9	14	32
8	obrero 8	11	8	13	32

<b>9</b>	obrero 9	12	11	9	32
<b>10</b>	obrero 10	13	6	13	32
<b>11</b>	obrero 11	8	5	19	32
<b>12</b>	obrero 12	11	11	10	32
		133	108	143	384

HORAS	33.25	27	35.75	96
-------	-------	----	-------	----

Tiempo Productivo 34.64 %

Tiempo Contributivo 28.13 %

Tiempo no contributivo 37.24 %

100.00 %

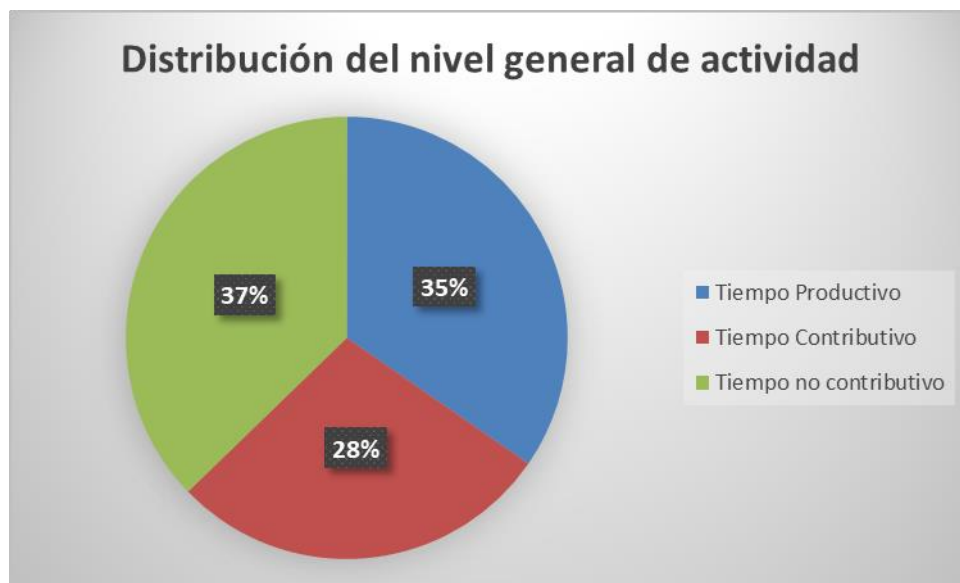


Figura 67. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 9

**Tabla 36**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –  
Colocación de Acero en vigas de amarre en tabiquería y parapetos sector D, E. Día 9 –  
TURNO MAÑANA*

TP	Trabajo Productivo	TP	73	38.02%
TC	Instrucciones	I	13	6.77%
TC	Mediciones	M	14	7.29%
TC	Limpieza	L	6	3.13%
TC	Transportes	T	3	1.56%
TC	Habilitación de material	H	13	6.77%
TC	Otros	X	6	3.13%
TNP	Esperas	E	38	19.79%
TNP	Descanso	D	12	6.25%
TNP	Tiempo ocioso	N	8	4.17%
TNP	Trabajos rehechos	R	3	1.56%
TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	3	1.56%
			192	100.00%

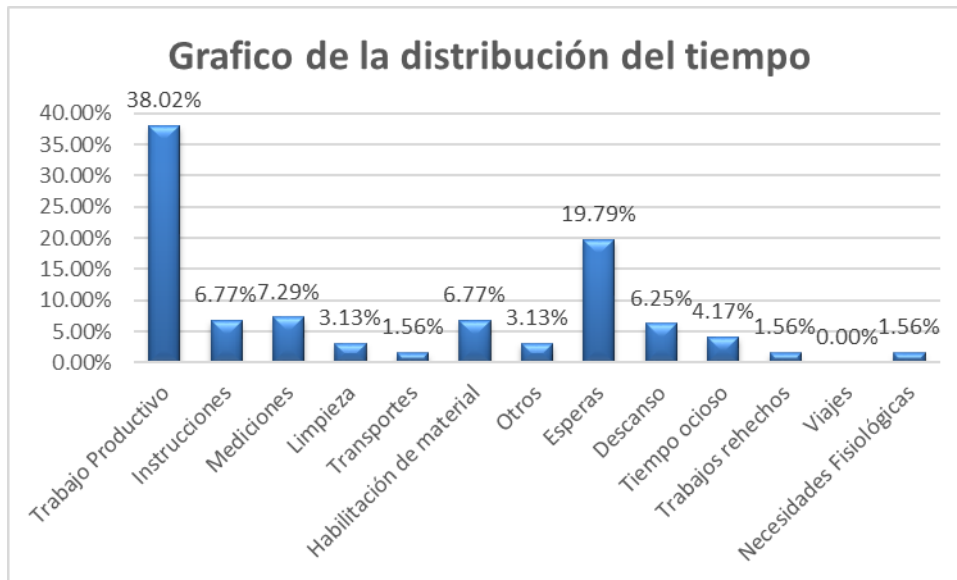


Figura 68. Pareto para la distribución del tiempo Dia 9 – TURNO MAÑANA

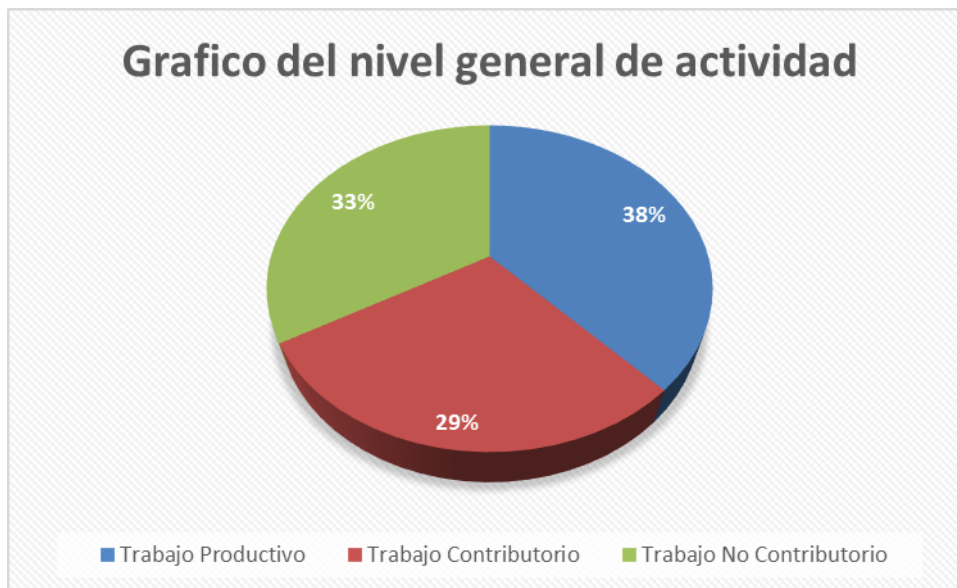


Figura 69. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 9- TURNO MAÑANA

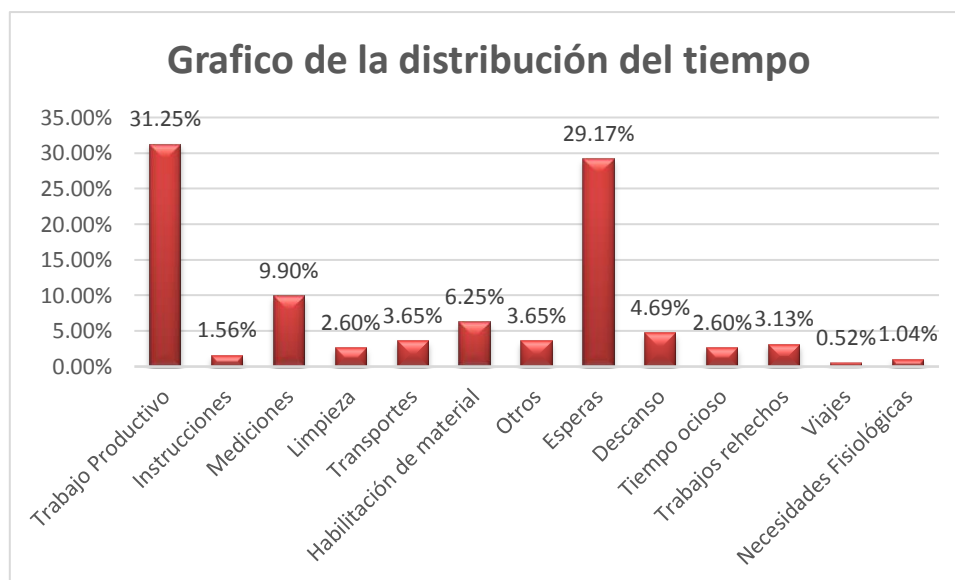
**Tabla 37**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance –*

*Colocación de Acero en vigas de amarre en tabiquería y parapetos sector D, E. Día 9 –*

*TURNO TARDE*

TP	Trabajo Productivo	TP	60	31.25%
TC	Instrucciones	I	3	1.56%
TC	Mediciones	M	19	9.90%
TC	Limpieza	L	5	2.60%
TC	Transportes	T	7	3.65%
TC	Habilitación de material	H	12	6.25%
TC	Otros	X	7	3.65%
TNP	Esperas	E	56	29.17%
TNP	Descanso	D	9	4.69%
TNP	Tiempo ocioso	N	5	2.60%
TNP	Trabajos rehechos	R	6	3.13%
TNP	Viajes	V	1	0.52%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	2	1.04%
			192	100.00%



*Figura 70.* Pareto para la distribución del tiempo Dia 9 – TURNO TARDE



Figura 71. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 9- TURNO TARDE

**Tabla 38**

Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 9.

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	50%	34%	47%	22%	38%	25%	28%	34%	38%	41%	25%	34%
<b>TC</b>	22%	47%	22%	44%	16%	31%	28%	25%	34%	19%	16%	34%
<b>TNP</b>	28%	19%	31%	34%	47%	44%	44%	41%	28%	41%	59%	31%

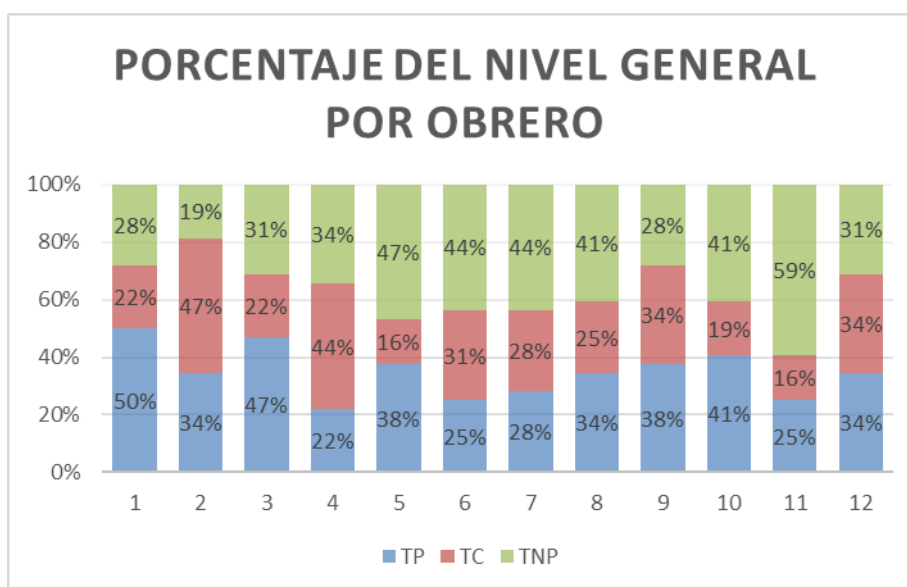


Figura 72. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 9

#### 4.3.10 LOSAS.

##### a. LOSAS MACIZAS

**Tabla 39**

*Total horas según ocupación (TP, TC, TNP) primera medición de carta balance -*

*Colocación de Acero en losas macizas sector D, E. Dia 10*

<b>Nº</b>	<b>TRABAJADOR</b>	<b>TP</b>	<b>TC</b>	<b>TNP</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	obrero 1	11	11	10	32
<b>2</b>	obrero 2	9	17	6	32
<b>3</b>	obrero 3	9	8	15	32
<b>4</b>	obrero 4	7	10	15	32
<b>5</b>	obrero 5	12	8	12	32
<b>6</b>	obrero 6	12	7	13	32
<b>7</b>	obrero 7	12	8	12	32
<b>8</b>	obrero 8	10	8	14	32
<b>9</b>	obrero 9	9	14	9	32
<b>10</b>	obrero 10	11	8	13	32
<b>11</b>	obrero 11	13	7	12	32
<b>12</b>	obrero 12	11	7	14	32
		126	113	145	384

HORAS	31.5	28.25	36.25	96
-------	------	-------	-------	----

Tiempo Productivo	32.81	%
Tiempo Contributivo	29.43	%
Tiempo no contributivo	37.76	%
	100.00	%

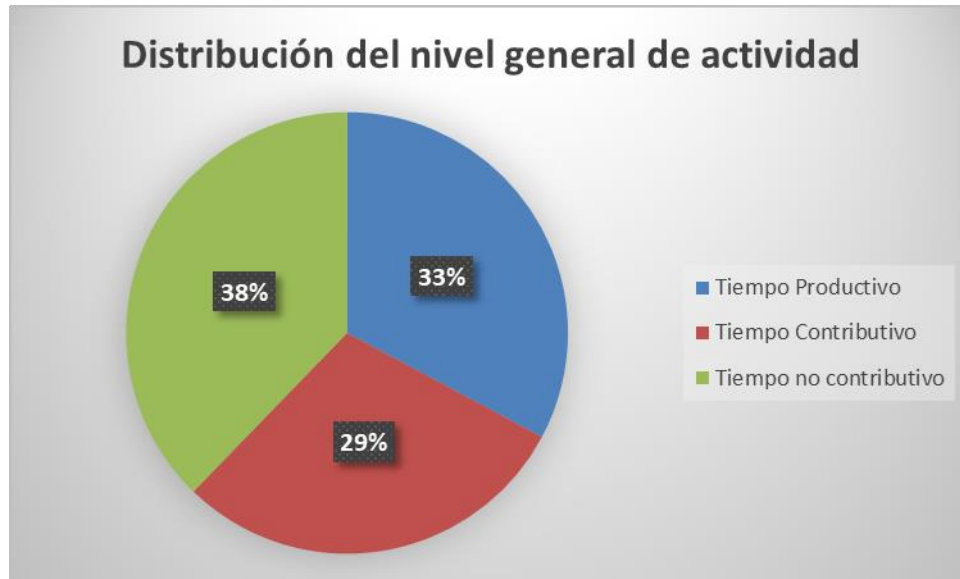


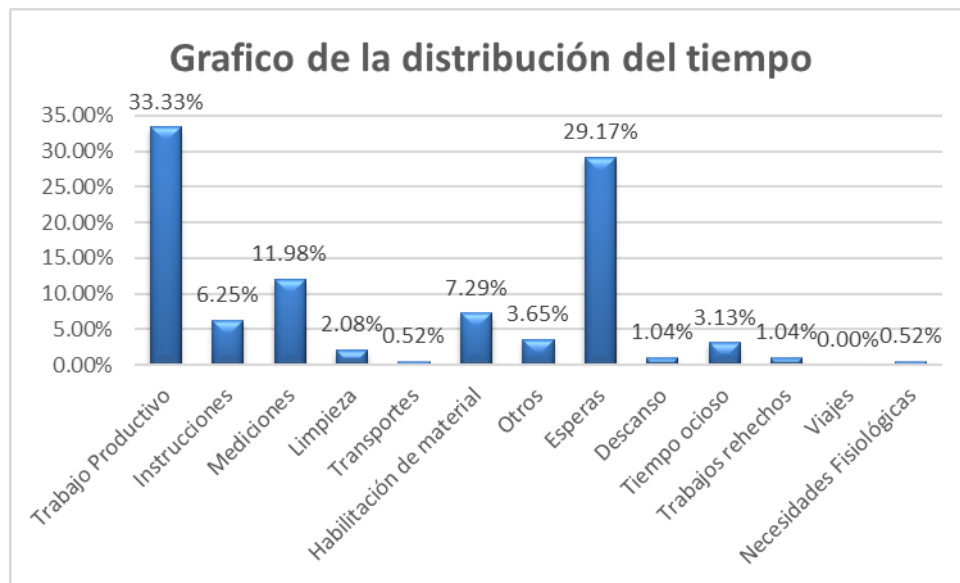
Figura 73. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 10

**Tabla 40**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en losas macizas sector D, E. Día 10 – TURNO MAÑANA*

TP	Trabajo Productivo	TP	64	33.33%
TC	Instrucciones	I	12	6.25%
TC	Mediciones	M	23	11.98%
TC	Limpieza	L	4	2.08%
TC	Transportes	T	1	0.52%
TC	Habilitación de material	H	14	7.29%

TC	Otros	X	7	3.65%
TNP	Esperas	E	56	29.17%
TNP	Descanso	D	2	1.04%
TNP	Tiempo ocioso	N	6	3.13%
TNP	Trabajos rehechos	R	2	1.04%
TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	1	0.52%
			192	100.00%



*Figura 74.* Pareto para la distribución del tiempo Dia 10 – TURNO MAÑANA

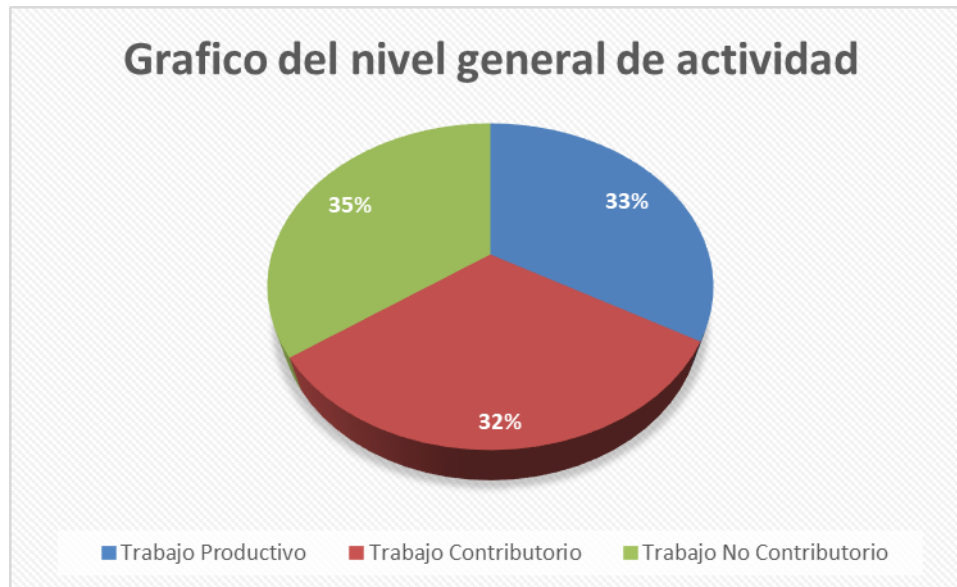


Figura 75. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 10- TURNO MAÑANA

**Tabla 41**

*Ocupación del TP, TC Y TNP por subcategorías primera medición de carta balance – Colocación de Acero en losas macizas sector D, E. Día 10 – TURNO TARDE*

TP	Trabajo Productivo	TP	62	32.29%
TC	Instrucciones	I	4	2.08%
TC	Mediciones	M	17	8.85%
TC	Limpieza	L	4	2.08%
TC	Transportes	T	6	3.13%
TC	Habilitación de material	H	13	6.77%
TC	Otros	X	8	4.17%
TNP	Esperas	E	56	29.17%
TNP	Descanso	D	10	5.21%
TNP	Tiempo ocioso	N	4	2.08%
TNP	Trabajos rehechos	R	6	3.13%

TNP	Viajes	V	0	0.00%
TNP	Necesidades Fisiológicas	B	2	1.04%
			192	100.00%

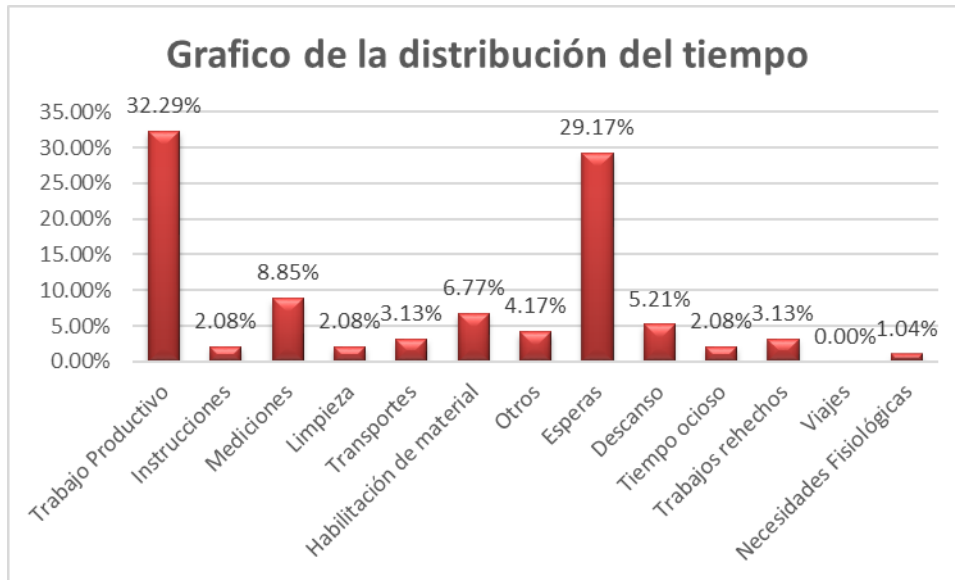


Figura 76. Pareto para la distribución del tiempo Dia 10 – TURNO TARDE

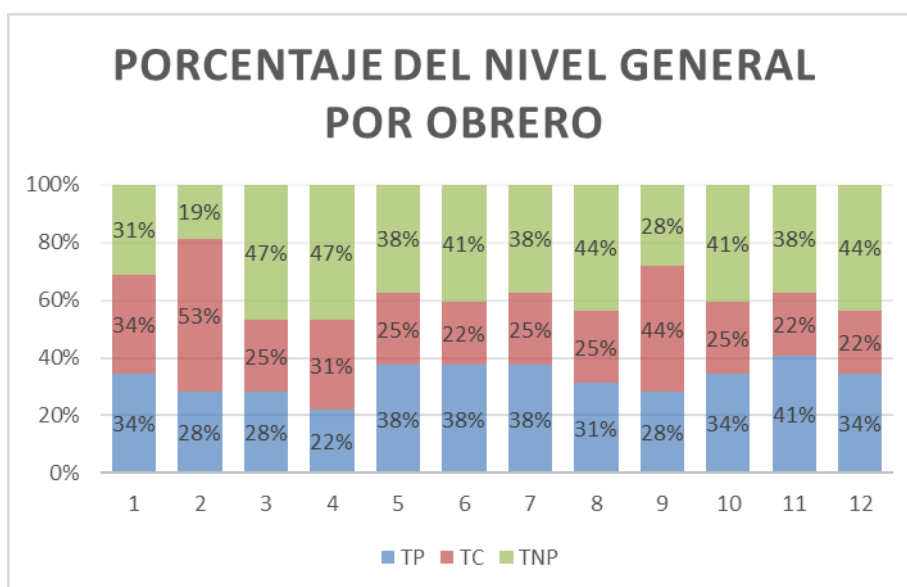


Figura 77. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 10- TURNO TARDE

**Tabla 42**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 10.*

<b>OBRERO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>TP</b>	34%	28%	28%	22%	38%	38%	38%	31%	28%	34%	41%	34%
<b>TC</b>	34%	53%	25%	31%	25%	22%	25%	25%	44%	25%	22%	22%
<b>TNP</b>	31%	19%	47%	47%	38%	41%	38%	44%	28%	41%	38%	44%



*Figura 78. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 10*

#### **4.4 Diagnóstico de la primera medición**

De acuerdo a lo analizado en la primera medición de la carta balance deducimos que las actividades que ocupan mayor tiempo en plena ejecución de la actividad son:

**ESPERA:** En la primera etapa de mediciones de cada trabajador operario y ayudante esta actividad no productiva fue la que más se ejerció, esto es porque los materiales y equipos no estaban a disposición de los trabajadores y del equipo técnico.

**TRABAJOS REHECHOS:** Esta actividad no contributorio fue la que en segundo lugar se ejerció en mayor cantidad, esto se debe en consecuencia a la actividad no

programada de los ingenieros de campo lo que generaba tiempo muerto en los trabajadores.

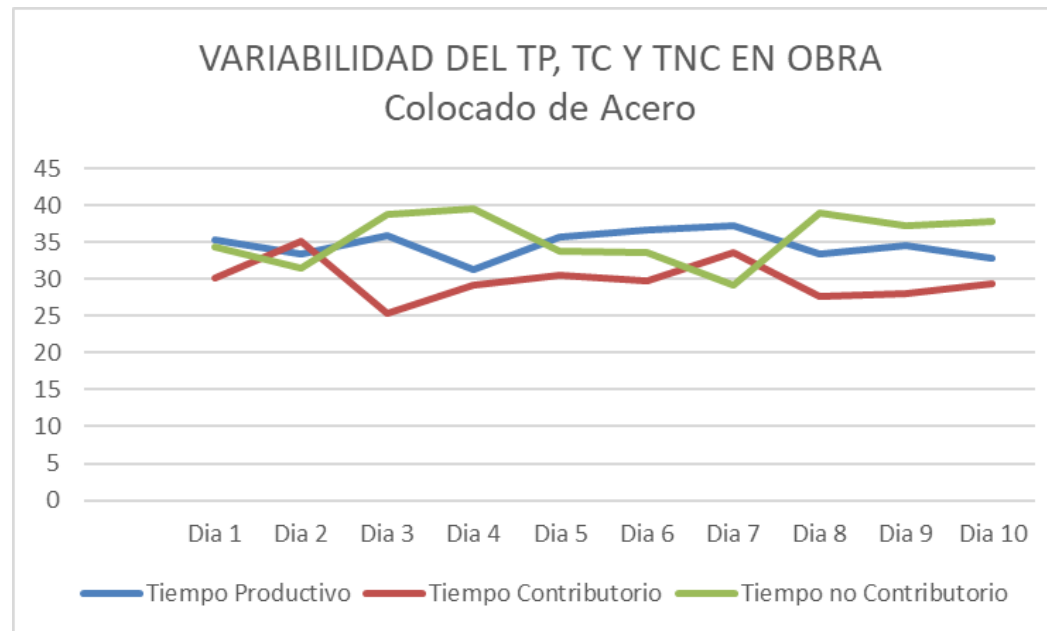
**NECESIDADES FISIOLÓGICAS:** Los trabajadores tenían que bajar hasta el lugar de los servicios higiénicos el cual estaba a más de 200 m del bloque B4 lo que ocasionaba pérdida de tiempo.

**TIEMPO OCIOSO:** A causa de la mala planificación ocurría que muchas veces al no abrirse un frente nuevo, lo que conllevaba a más material y herramientas, algunos trabajadores no hacían lo que les correspondía durante el día.

**Tabla 43**

*Variabilidad del TP, TC Y TNP por días en la primera medición de carta balance – Colocación de Acero – TURNO MAÑANA Y TARDE*

	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>	<b>Dia 4</b>	<b>Dia 5</b>	<b>Dia 6</b>	<b>Dia 7</b>	<b>Dia 8</b>	<b>Dia 9</b>	<b>Dia 10</b>
<b>Tiempo Productivo</b>	35.42	33.33	35.94	31.25	35.68	36.72	37.24	33.33	34.64	32.81
<b>Tiempo Contributorio</b>	30.21	35.16	25.26	29.17	30.47	29.69	33.59	27.60	28.13	29.43
<b>Tiempo no Contributorio</b>	34.38	31.51	38.80	39.58	33.85	33.59	29.17	39.06	37.24	37.76



#### **4.5 Tren de Actividades - Plan de actividades a ejecutarse a nivel de casco gris**

Con los sectores definidos, la secuencia de actividades a ejecutar, las cuadrillas dimensionadas y considerando el estado situacional de obra, se obtuvo el plan de actividades a nivel de casco estructural de obra.

Considerando que en obra se tenían dos frentes de trabajo avanzando en paralelo, se consideraron dos trenes de actividades.

Con el plan de actividades definido se realizaba el look ahead planning, y con ello el análisis de restricciones.

Gracias al plan de actividades de obra, se obtuvo un mayor control de obra, garantizando un mayor porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas.

		TREN DE ACTIVIDADES																																	
Nº	ACTIVIDAD	SEMANA A			SEMANA B					SEMANA C					SEMANA D					SEMANA E					SEMANA F										
		J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S			
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Acero en elementos verticales	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	
2	Encofrado de elementos verticales	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	
3	Vaciado de elementos verticales	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	
4	Encofrado de elementos verticales	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	
5	Acero en elementos horizontales	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	
6	Instalaciones Sanitarias	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	
7	Instalaciones Eléctricas	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	
8	Vaciado de elementos horizontales	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	SEB4	SEB4	SEB4	SFB4	SFB4	SFB4	SGB4	SGB4	SGB4	SHB4	SHB4	SHB4	SAB4	SAB4	SAB4	SBB4	SBB4	SBB4	SCB4	SCB4	SCB4	SDB4	SDB4	SDB4	

Figura 79. Tren de actividades para el primer mes de trabajo productivo

#### **4.6 Elaboración de mejoras para la primera etapa de mediciones**

Este análisis te permite organizar puntos de acopio más cercanos y realizar un control mejorado del personal.

**ESPERA:** Se realizó una reubicación de la planta de concreto al lugar de la obra y el movimiento de otros materiales y equipos se realizó una hora antes del término de cada jornada, esto conlleva a realizar una programación en almacén y logística, con previa coordinación con el ingeniero residente.

**NECESIDADES FISIOLÓGICAS:** Se realizó el alquiler de un baño químico disal en obra y se colocó en el mismo nivel de piso a trabajar y respecto al agua para consumo humano se colocó cada dos pisos en el vestíbulo bidones de agua ambas medidas para evitar el viaje inapropiado hasta el piso uno.

**TIEMPO OCIOSO:** Después de definir los movimientos horizontales y verticales del traslado de material se realizó un diagrama de planta para definir los lugares con un acopio cerca que nos permita realizar una mayor productividad.

**TRABAJOS REHECHOS:** Se controló más el trabajo con cada encargado de cuadrilla para así evitar rehacer trabajos ya culminados, además se capacitó a los operarios en lectura de planos y se realizó metrados de avance todos los días.

#### **4.7 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN CARTA BALANCE - SEGUNDA**

##### **MEDICION**

##### **4.7.1 VIGAS DE CIMENTACION.**

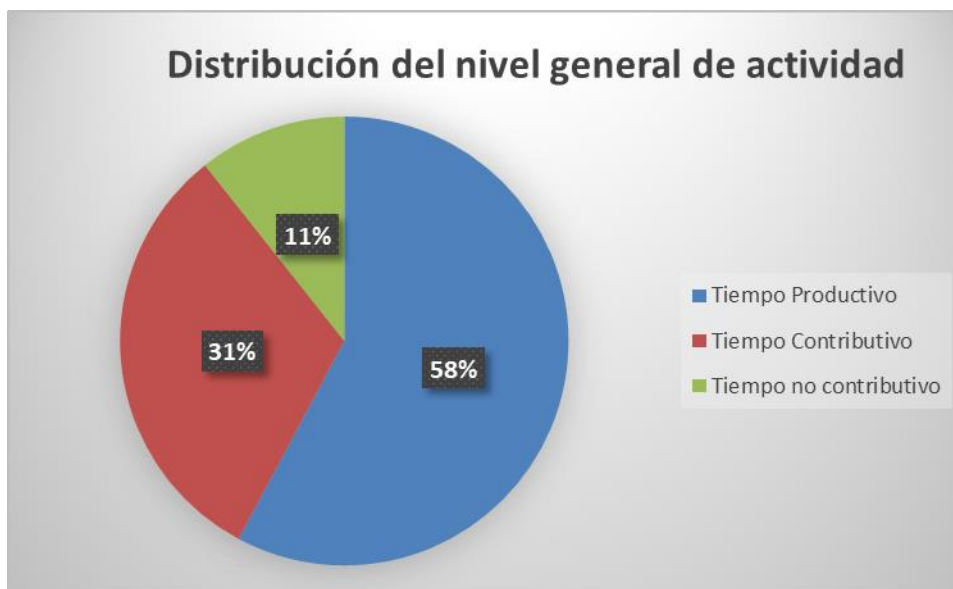


Figura 80. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 1

**Tabla 44**

*Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	107	55.73%	115	59.90%
Trabajo Productivo	107	55.73%	115	59.90%
Trabajo Contributorio	68	35.42%	53	27.60%
Instrucciones	13	6.77%	3	1.56%
Mediciones	28	14.58%	19	9.90%
Limpieza	2	1.04%	4	2.08%
Transportes	3	1.56%	8	4.17%
Habilitación de material	15	7.81%	15	7.81%
Otros	7	3.65%	4	2.08%
Trabajo No Contributorio	17	8.85%	24	12.50%
Esperas	6	3.13%	6	3.13%
Descanso	2	1.04%	7	3.65%
Tiempo ocioso	7	3.65%	6	3.13%
Trabajos rehechos	1	0.52%	3	1.56%
Viajes	0	0.00%	1	0.52%
Necesidades Fisiológicas	1	0.52%	1	0.52%

**Tabla 45**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 1*

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	59%	34%	75%	44%	59%	72%	66%	47%	72%	53%	44%	69%
<b>TC</b>	25%	63%	16%	53%	31%	19%	25%	44%	25%	38%	13%	28%
<b>TNP</b>	16%	3%	9%	3%	9%	9%	9%	9%	3%	9%	44%	3%

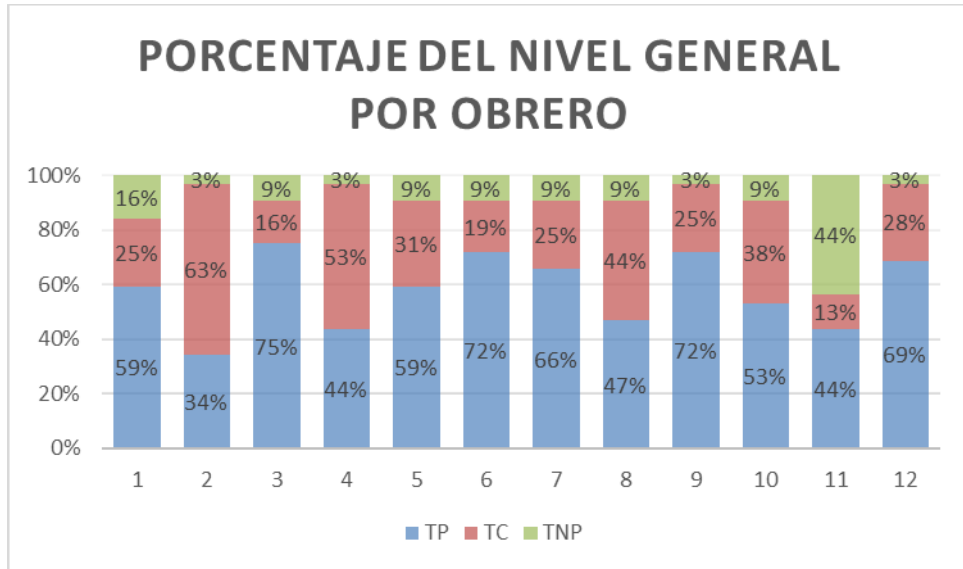


Figura 81. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 1

#### 4.7.2 PLATEA DE CIMENTACION.

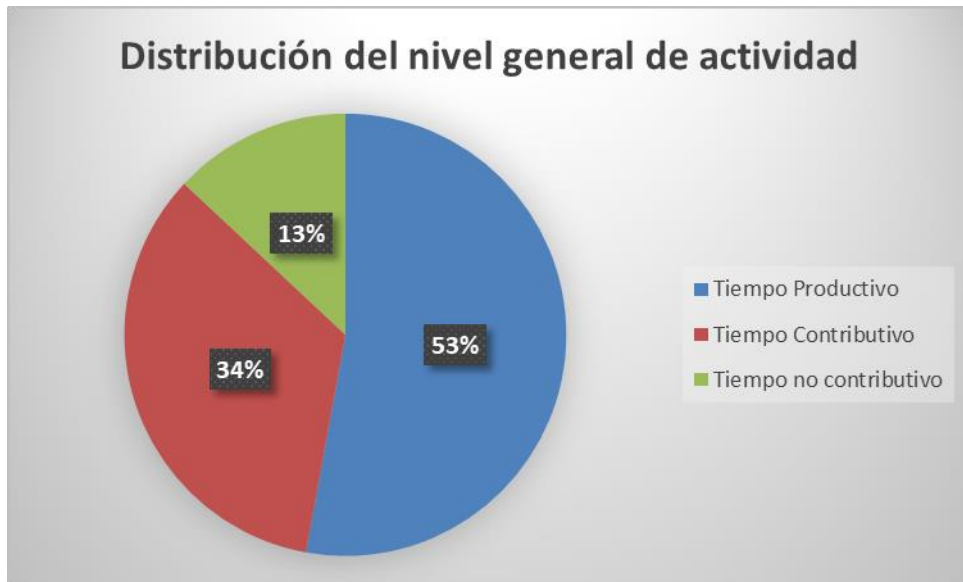


Figura 82. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 2

Tabla 46

*Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	101	52.60%	102	53.13%
Trabajo Productivo	101	52.60%	102	53.13%
Trabajo Contributorio	73	38.02%	58	30.21%
Instrucciones	15	7.81%	2	1.04%
Mediciones	24	12.50%	27	14.06%
Limpieza	2	1.04%	6	3.13%
Transportes	4	2.08%	6	3.13%
Habilitacion de material	22	11.46%	9	4.69%
Otros	6	3.13%	8	4.17%
Trabajo No Contributorio	18	9.38%	32	16.67%
Esperas	8	4.17%	13	6.77%
Descanso	0	0.00%	5	2.60%
Tiempo ocioso	8	4.17%	7	3.65%
Trabajos rehechos	2	1.04%	5	2.60%
Viajes	0	0.00%	0	0.00%
Necesidades Fisiologicas	0	0.00%	2	1.04%

**Tabla 47**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 2.*

<b>OBRERO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	50%	44%	72%	44%	47%	66%	56%	38%	56%	56%	50%	56%
<b>TC</b>	41%	50%	22%	44%	47%	22%	25%	47%	41%	22%	19%	31%
<b>TNP</b>	9%	6%	6%	13%	6%	13%	19%	16%	3%	22%	31%	13%

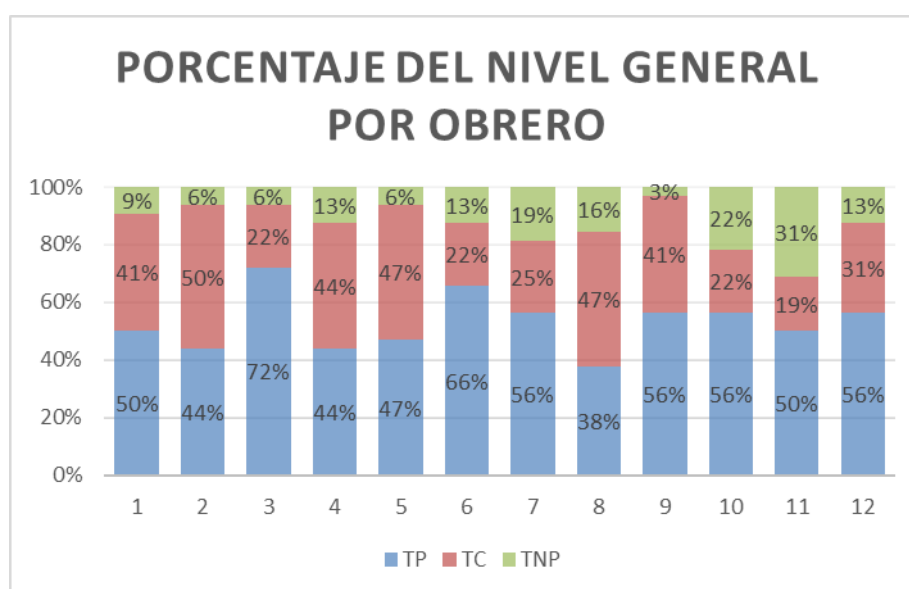


Figura 83. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 2.

#### 4.7.3 LOSA PARA PISO.

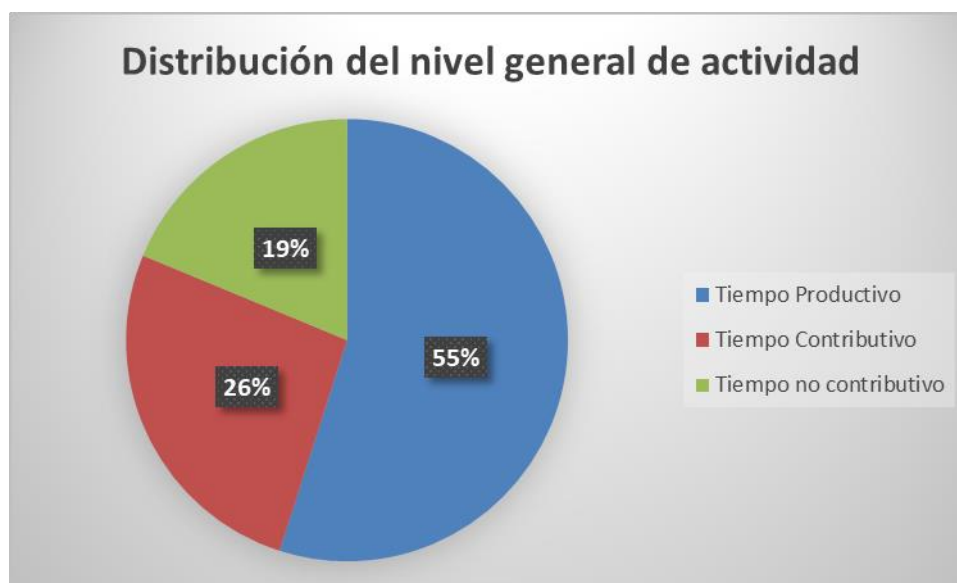


Figura 84. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 3

**Tabla 48**

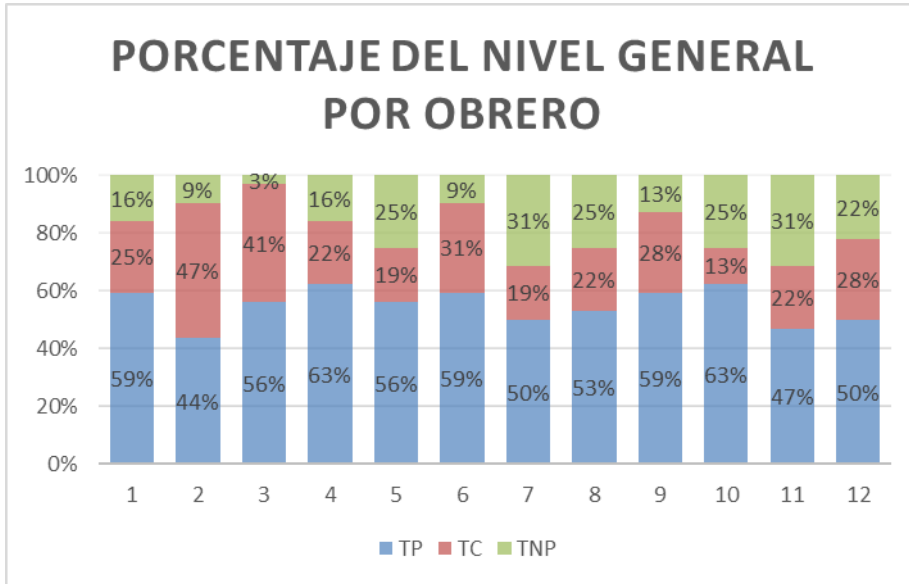
*Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	92	47.92%	119	61.98%
Trabajo Productivo	92	47.92%	119	61.98%
Trabajo Contributorio	58	30.21%	43	22.40%
Instrucciones	12	6.25%	5	2.60%
Mediciones	9	4.69%	14	7.29%
Limpieza	6	3.13%	2	1.04%
Transportes	1	0.52%	3	1.56%
Habilitacion de material	24	12.50%	12	6.25%
Otros	6	3.13%	7	3.65%
Trabajo No Contributorio	42	21.88%	30	15.63%
Esperas	21	10.94%	9	4.69%
Descanso	5	2.60%	7	3.65%
Tiempo ocioso	12	6.25%	6	3.13%
Trabajos rehechos	2	1.04%	6	3.13%
Viajes	0	0.00%	0	0.00%
Necesidades Fisiologicas	2	1.04%	2	1.04%

**Tabla 49**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 3*

<b>OBRERO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	59%	44%	56%	63%	56%	59%	50%	53%	59%	63%	47%	50%
<b>TC</b>	25%	47%	41%	22%	19%	31%	19%	22%	28%	13%	22%	28%
<b>TNP</b>	16%	9%	3%	16%	25%	9%	31%	25%	13%	25%	31%	22%



*Figura 85. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 3.*

#### 4.7.4 PEDESTAL, AISLADOR Y DESLIZADOR SISMICO.

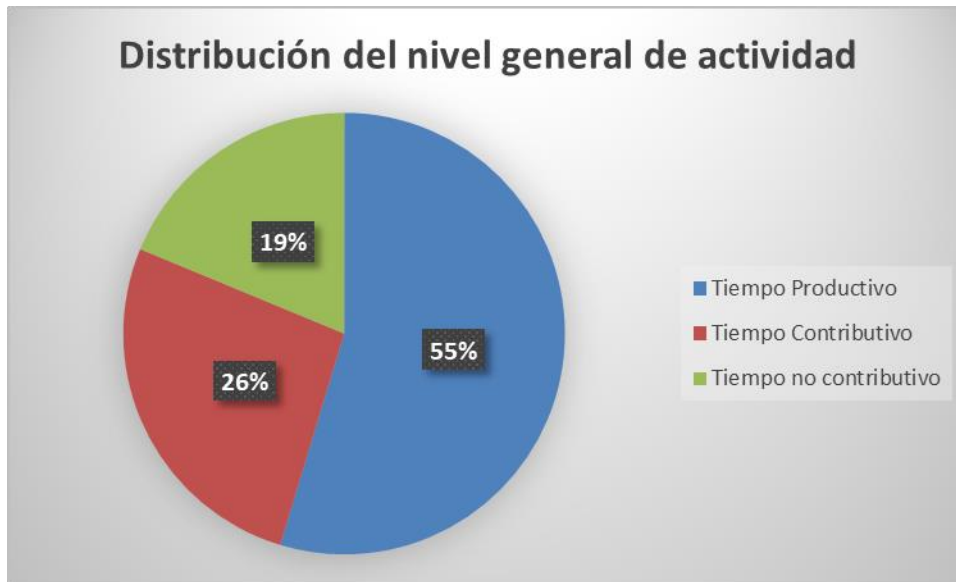


Figura 86. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 4

**Tabla 50**

*Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	111	57.81%	99	51.56%
Trabajo Productivo	111	57.81%	99	51.56%
Trabajo Contributorio	55	28.65%	47	24.48%
Instrucciones	17	8.85%	5	2.60%
Mediciones	14	7.29%	16	8.33%
Limpieza	2	1.04%	3	1.56%
Transportes	3	1.56%	4	2.08%
Habilitación de material	12	6.25%	11	5.73%
Otros	7	3.65%	8	4.17%
Trabajo No Contributorio	26	13.54%	46	23.96%
Esperas	5	2.60%	30	15.63%
Descanso	7	3.65%	6	3.13%
Tiempo ocioso	6	3.13%	3	1.56%
Trabajos rehechos	6	3.13%	5	2.60%
Viajes	0	0.00%	1	0.52%
Necesidades Fisiológicas	2	1.04%	1	0.52%

**Tabla 51**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de Acero Dia 4.*

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	59%	47%	56%	50%	56%	56%	66%	34%	59%	50%	69%	53%
<b>TC</b>	19%	31%	34%	25%	41%	19%	25%	22%	38%	22%	22%	22%
<b>TNP</b>	22%	22%	9%	25%	3%	25%	9%	44%	3%	28%	9%	25%

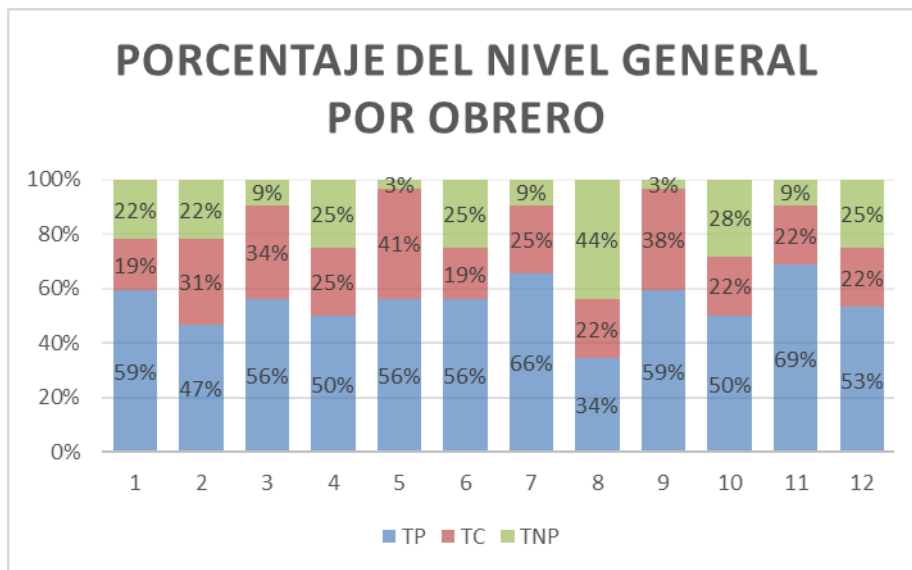


Figura 87. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 4.

#### 4.7.5 MUROS REFORZADOS.

##### a. MUROS DE CONTENCIÓN EN CIMENTACIÓN

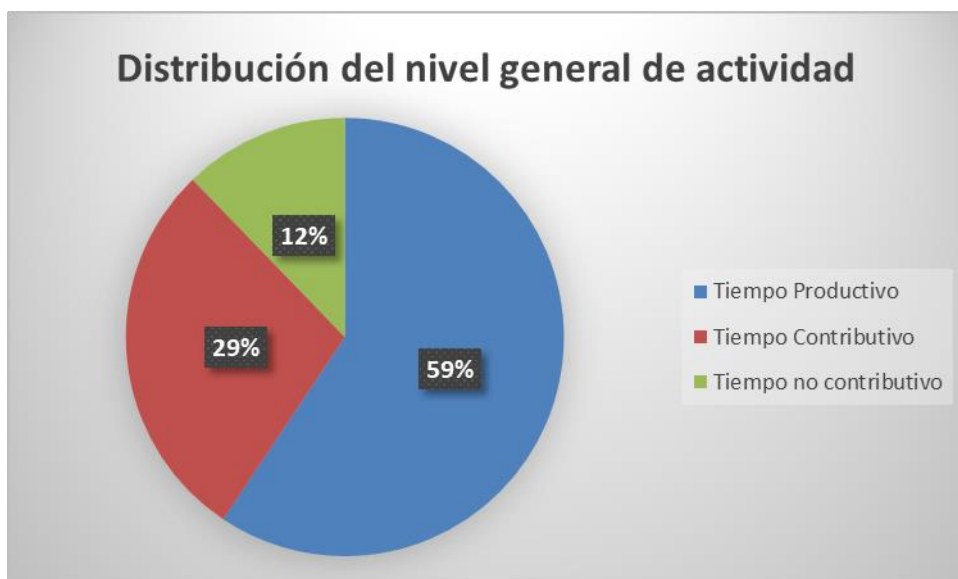


Figura 88. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 5

**Tabla 52***Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	109	56.77%	119	61.98%
Trabajo Productivo	109	56.77%	119	61.98%
Trabajo Contributorio	63	32.81%	46	23.96%
Instrucciones	18	9.38%	6	3.13%
Mediciones	23	11.98%	9	4.69%
Limpieza	0	0.00%	6	3.13%
Transportes	6	3.13%	2	1.04%
Habilitacion de material	11	5.73%	12	6.25%
Otros	5	2.60%	11	5.73%
Trabajo No Contributorio	20	10.42%	27	14.06%
Esperas	6	3.13%	18	9.38%
Descanso	5	2.60%	1	0.52%
Tiempo ocioso	3	1.56%	4	2.08%
Trabajos rehechos	4	2.08%	4	2.08%
Viajes	1	0.52%	0	0.00%
Necesidades Fisiologicas	1	0.52%	0	0.00%

**Tabla 53***Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 5.*

<b>OBRERO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	56%	63%	50%	66%	41%	69%	59%	69%	50%	78%	47%	66%
<b>TC</b>	25%	34%	25%	31%	34%	28%	28%	19%	41%	19%	31%	25%
<b>TNP</b>	19%	3%	25%	3%	25%	3%	13%	13%	9%	3%	22%	9%

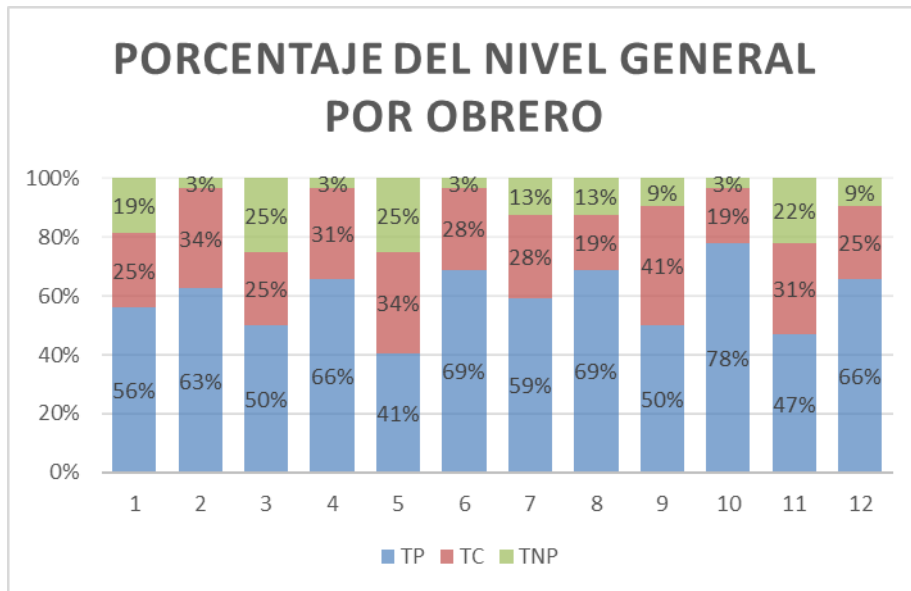


Figura 89. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 5.

**b. MUROS O PLACAS COLUMNAS**

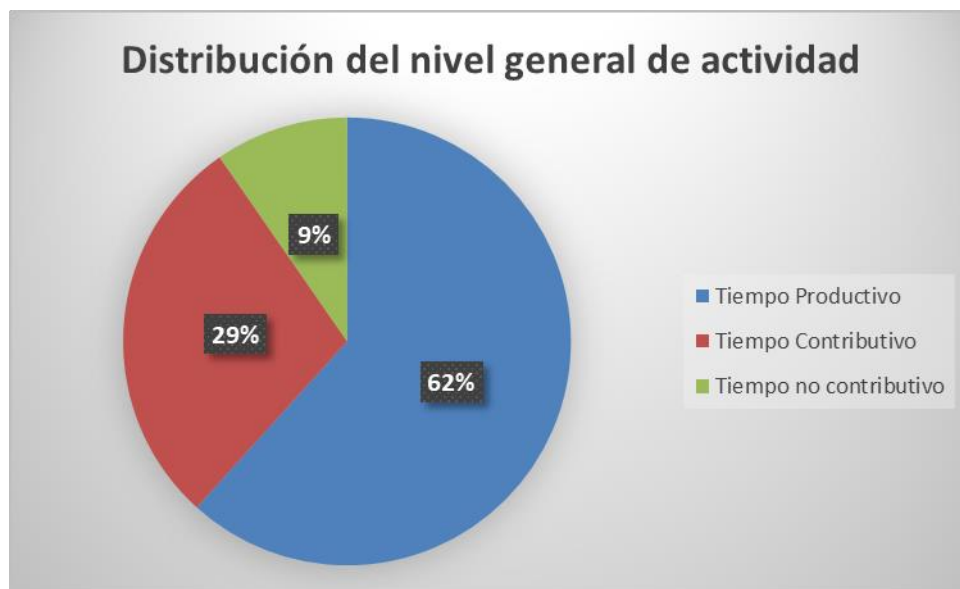


Figura 90. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 6

**Tabla 54**

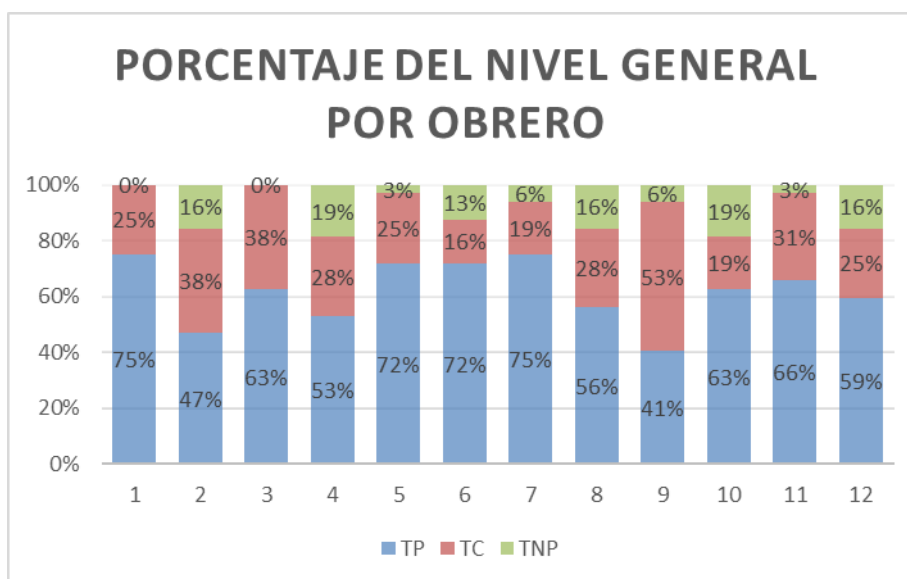
*Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	0	39.49%	113	58.85%
Trabajo Productivo	124	39.49%	113	58.85%
Trabajo Contributorio	0	18.79%	51	26.56%
Instrucciones	18	5.73%	4	2.08%
Mediciones	10	3.18%	12	6.25%
Limpieza	5	1.59%	9	4.69%
Transportes	3	0.96%	3	1.56%
Habilitacion de material	15	4.78%	15	7.81%
Otros	8	2.55%	8	4.17%
Trabajo No Contributorio	0	41.72%	28	14.58%
Esperas	124	39.49%	17	8.85%
Descanso	0	0.00%	5	2.60%
Tiempo ocioso	4	1.27%	3	1.56%
Trabajos rehechos	3	0.96%	2	1.04%
Viajes	0	0.00%	1	0.52%
Necesidades Fisiologicas	0	0.00%	0	0.00%

**Tabla 55**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 6.*

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TP	75%	47%	63%	53%	72%	72%	75%	56%	41%	63%	66%	59%
TC	25%	38%	38%	28%	25%	16%	19%	28%	53%	19%	31%	25%
TNP	0%	16%	0%	19%	3%	13%	6%	16%	6%	19%	3%	16%



*Figura 91. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 6.*

c. COLUMNETAS

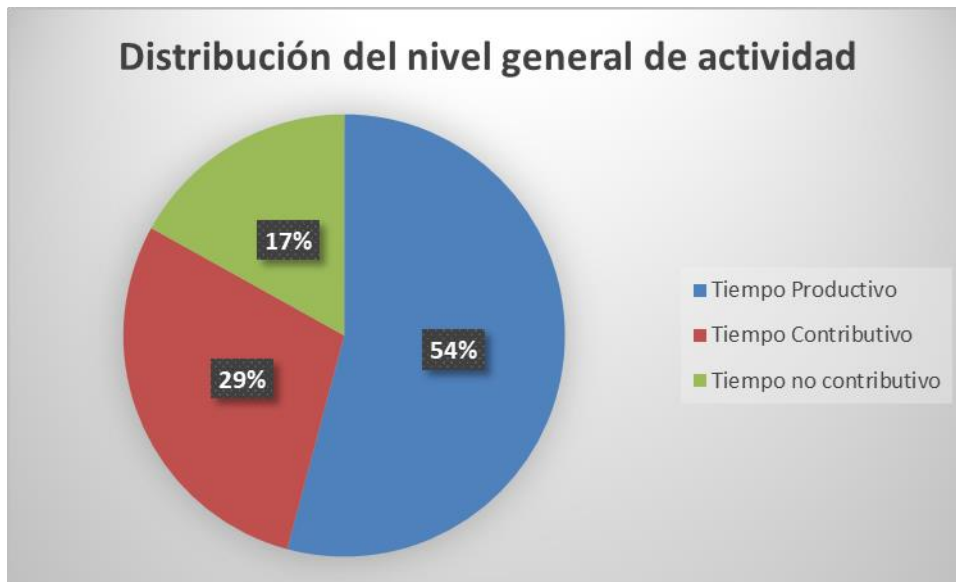


Figura 92. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 7

**Tabla 56**

*Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	117	60.94%	91	47.40%
Trabajo Productivo	117	60.94%	91	47.40%
Trabajo Contributorio	56	29.17%	55	28.65%
Instrucciones	14	7.29%	7	3.65%
Mediciones	16	8.33%	15	7.81%
Limpieza	5	2.60%	7	3.65%
Transportes	3	1.56%	4	2.08%
Habilitacion de material	13	6.77%	11	5.73%
Otros	5	2.60%	11	5.73%
Trabajo No Contributorio	19	9.90%	46	23.96%
Esperas	12	6.25%	38	19.79%
Descanso	0	0.00%	0	0.00%
Tiempo ocioso	4	2.08%	2	1.04%
Trabajos rehechos	3	1.56%	5	2.60%
Viajes	0	0.00%	1	0.52%
Necesidades Fisiologicas	0	0.00%	0	0.00%

**Tabla 57**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 7.*

OBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	63%	59%	50%	44%	59%	63%	53%	41%	47%	59%	41%	72%
<b>TC</b>	22%	41%	25%	28%	38%	19%	25%	31%	47%	19%	34%	19%
<b>TNP</b>	16%	0%	25%	28%	3%	19%	22%	28%	6%	22%	25%	9%

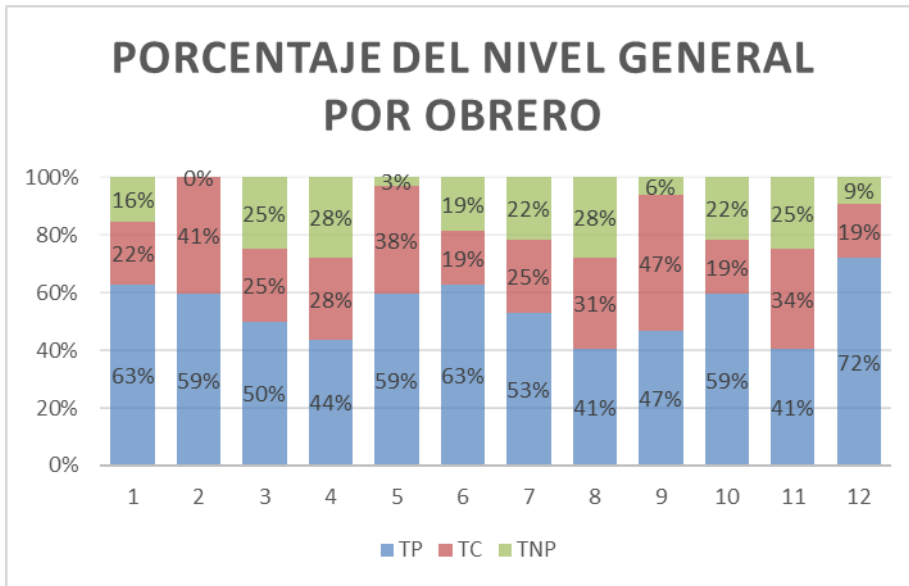


Figura 93. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 7.

**d. VIGAS, PERALTADAS Y CHATAS**

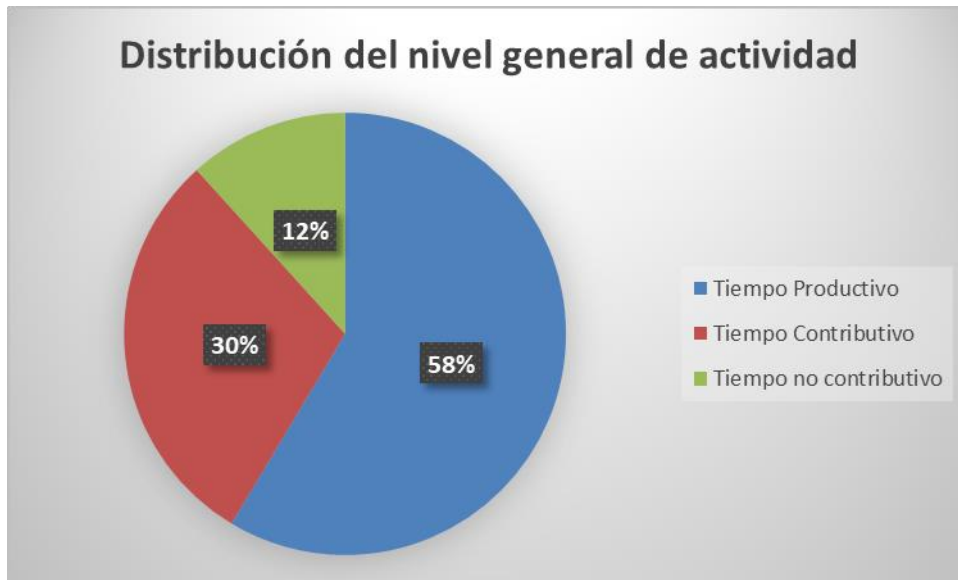


Figura 94. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 8

**Tabla 58**

*Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	119	61.98%	106	55.21%
Trabajo Productivo	119	61.98%	106	55.21%
Trabajo Contributorio	58	30.21%	56	29.17%
Instrucciones	16	8.33%	8	4.17%
Mediciones	14	7.29%	17	8.85%
Limpieza	5	2.60%	5	2.60%
Transportes	4	2.08%	4	2.08%
Habilitación de material	15	7.81%	11	5.73%
Otros	4	2.08%	11	5.73%
Trabajo No Contributorio	15	7.81%	30	15.63%
Esperas	8	4.17%	23	11.98%
Descanso	0	0.00%	0	0.00%
Tiempo ocioso	5	2.60%	1	0.52%
Trabajos rehechos	2	1.04%	5	2.60%
Viajes	0	0.00%	1	0.52%
Necesidades Fisiológicas	0	0.00%	0	0.00%

**Tabla 59**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 8.*

<b>OBRERO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	66%	59%	47%	59%	47%	81%	56%	66%	44%	56%	53%	69%
<b>TC</b>	19%	41%	28%	38%	38%	19%	22%	31%	47%	16%	38%	22%
<b>TNP</b>	16%	0%	25%	3%	16%	0%	22%	3%	9%	28%	9%	9%

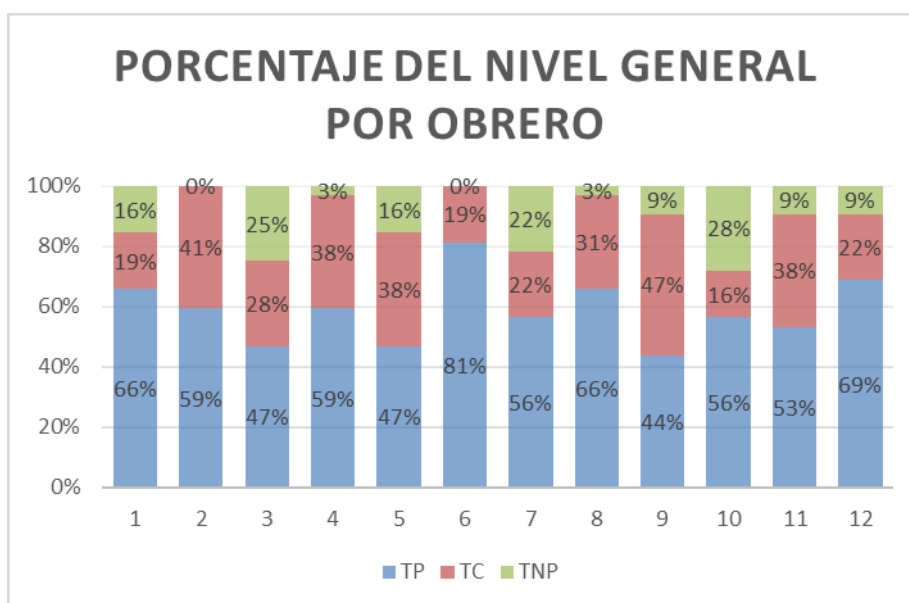


Figura 95. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 8.

e. **VIGAS, AMARRE EN TABIQUERIA Y PARAPETOS**

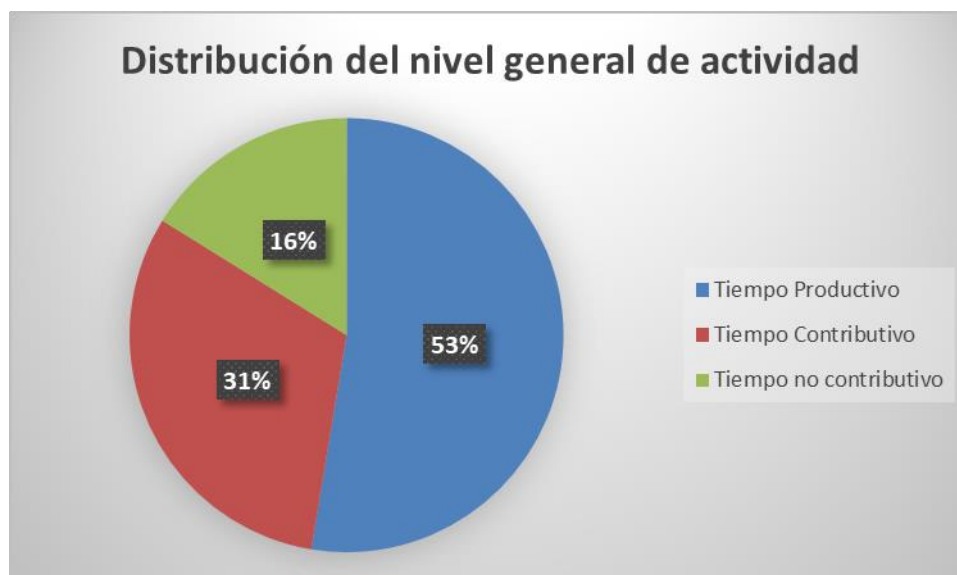


Figura 96. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 9

**Tabla 60**

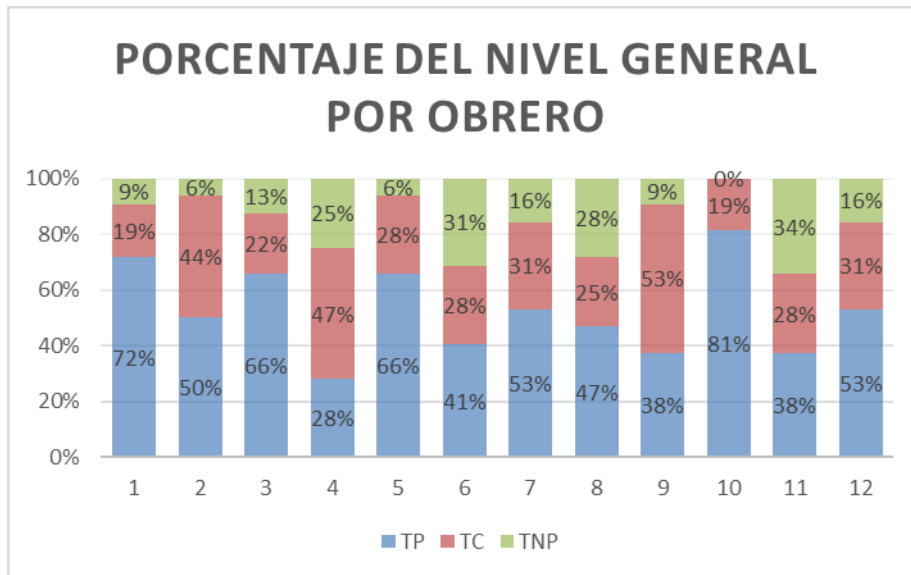
*Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	117	60.94%	85	44.27%
Trabajo Productivo	117	60.94%	85	44.27%
Trabajo Contributorio	67	34.90%	53	27.60%
Instrucciones	20	10.42%	3	1.56%
Mediciones	17	8.85%	19	9.90%
Limpieza	5	2.60%	5	2.60%
Transportes	4	2.08%	7	3.65%
Habilitación de material	10	5.21%	12	6.25%
Otros	11	5.73%	7	3.65%
Trabajo No Contributorio	8	4.17%	54	28.13%
Esperas	1	0.52%	31	16.15%
Descanso	0	0.00%	9	4.69%
Tiempo ocioso	1	0.52%	5	2.60%
Trabajos rehechos	5	2.60%	6	3.13%
Viajes	1	0.52%	1	0.52%
Necesidades Fisiológicas	0	0.00%	2	1.04%

**Tabla 61**

*Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 9.*

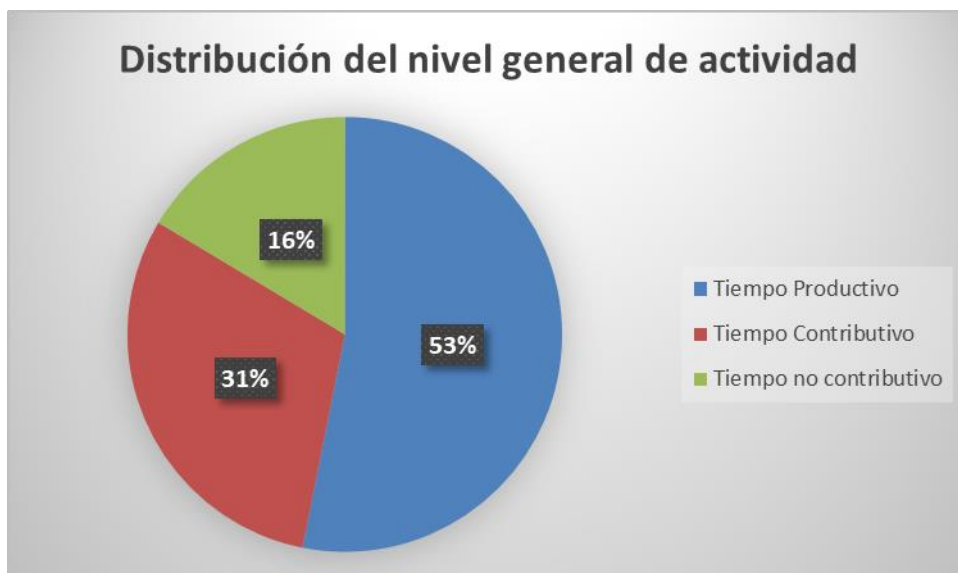
<b>OBRERO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	72%	50%	66%	28%	66%	41%	53%	47%	38%	81%	38%	53%
<b>TC</b>	19%	44%	22%	47%	28%	28%	31%	25%	53%	19%	28%	31%
<b>TNP</b>	9%	6%	13%	25%	6%	31%	16%	28%	9%	0%	34%	16%



*Figura 97. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de acero Dia 9.*

#### 4.7.6 LOSAS.

##### a. LOSAS MACIZAS



*Figura 98. Índices de productividad – Cuadrilla de Acero Dia 10*

**Tabla 62***Comparación del nivel general de la obra en los dos turnos*

	NIVEL GENERAL		NIVEL GENERAL	
	8:00 - 12:00		13:00 - 17:00	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
Trabajo Productivo	88	45.83%	116	60.42%
Trabajo Productivo	88	45.83%	116	60.42%
Trabajo Contributorio	68	35.42%	49	25.52%
Instrucciones	15	7.81%	4	2.08%
Mediciones	24	12.50%	13	6.77%
Limpieza	3	1.56%	7	3.65%
Transportes	5	2.60%	4	2.08%
Habilitación de material	15	7.81%	10	5.21%
Otros	6	3.13%	11	5.73%
Trabajo No Contributorio	36	18.75%	27	14.06%
Esperas	18	9.38%	15	7.81%
Descanso	6	3.13%	2	1.04%
Tiempo ocioso	6	3.13%	3	1.56%
Trabajos rehechos	4	2.08%	6	3.13%
Viajes	1	0.52%	0	0.00%
Necesidades Fisiológicas	1	0.52%	1	0.52%

**Tabla 63***Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de acero Dia 10.*

<b>OBRERO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>TP</b>	53%	47%	66%	28%	72%	44%	56%	38%	50%	63%	63%	59%
<b>TC</b>	34%	53%	25%	38%	19%	28%	31%	28%	44%	22%	19%	25%
<b>TNP</b>	13%	0%	9%	34%	9%	28%	13%	34%	6%	16%	19%	16%

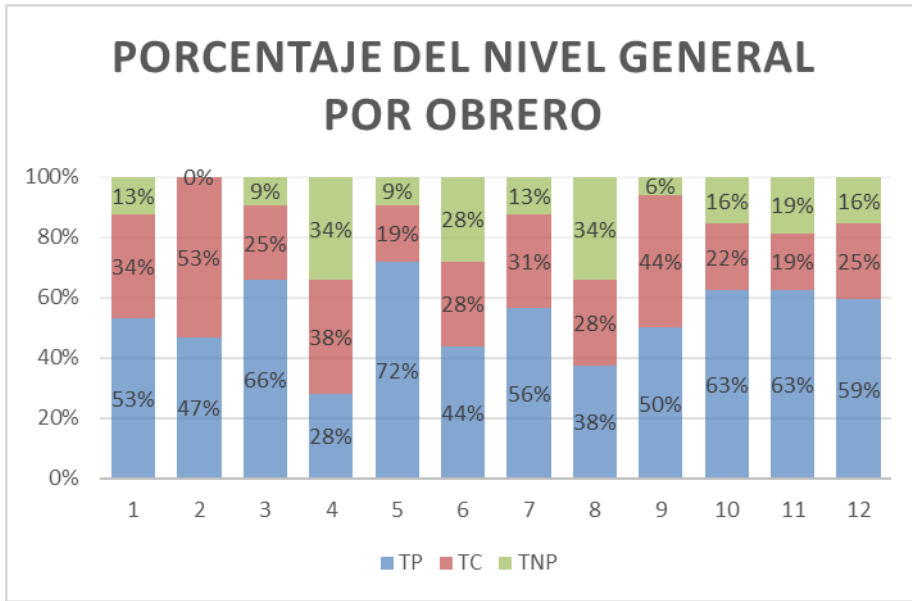
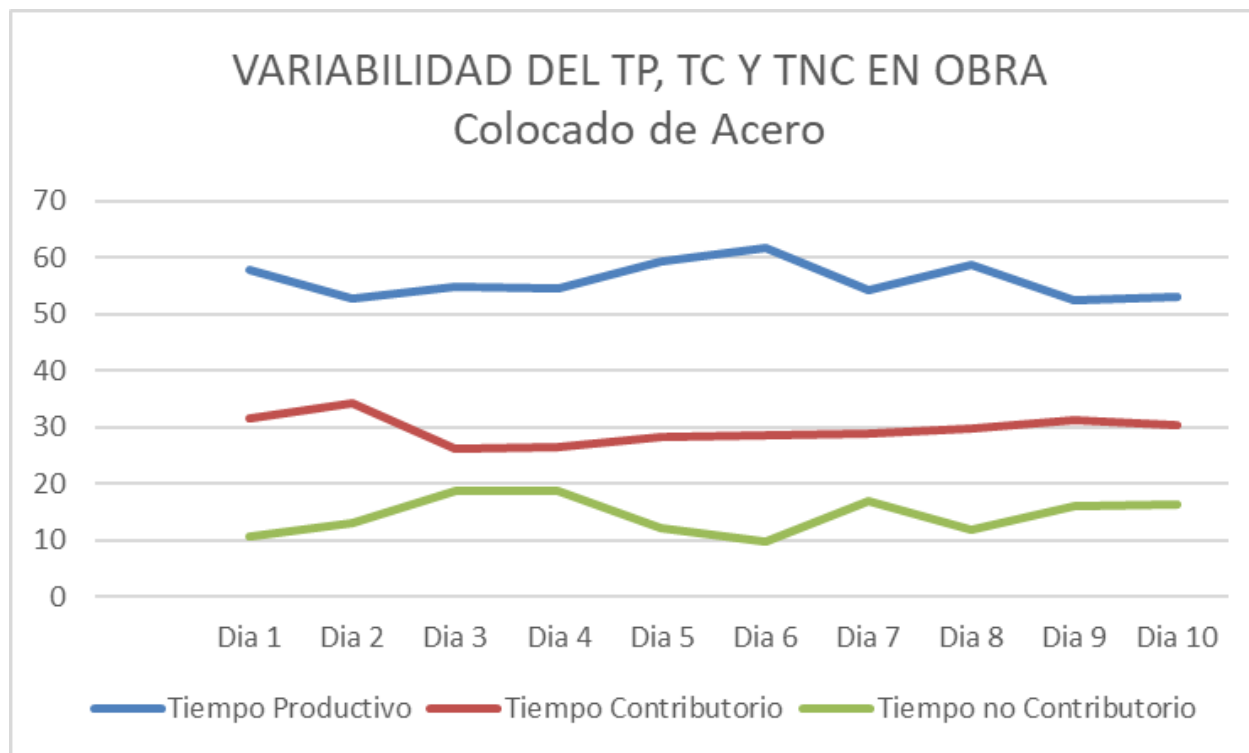


Figura 99. Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Acero Dia 10.

**Tabla 64**

*Variabilidad del TP, TC Y TNP por días en la Segunda Medición de carta balance – Colocación de Acero – TURNO MAÑANA Y TARDE*

	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 8</b>	<b>Día 9</b>	<b>Día 10</b>
<b>Tiempo Productivo</b>	57.81	52.86	54.95	54.69	59.38	61.72	54.17	58.59	52.60	53.13
<b>Tiempo Contributorio</b>	31.51	34.11	26.30	26.56	28.39	28.65	28.91	29.69	31.25	30.47
<b>Tiempo no Contributorio</b>	10.68	13.02	18.75	18.75	12.24	9.64	16.93	11.72	16.15	16.41



## **4.8 Análisis de Hipótesis**

### **4.8.1 Hipótesis General.**

HG: Se mejora la productividad mediante la aplicación de Lean Construction en la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca

### **4.8.2 Hipótesis Específicas.**

HE1: Al planificar los alcances del casco gris mediante una de las herramientas de Lean Construction se podrá incrementar la productividad durante la ejecución.

HE2: Al regular el rendimiento de la mano de obra mediante la carta balance se podrá optimizar la productividad en las partidas más críticas del casco gris.

HE3: Se podrá incremento la productividad como resultado de la aplicación de Lean Construction en el pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil – Juliaca.

### **Contrastación de la hipótesis general**

#### **Pasos:**

#### **1. Establecer la hipótesis estadística**

##### **Hipótesis nula**

H0: No se mejora la productividad mediante la aplicación de Lean Construction en la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca.

##### **Hipótesis alterna**

HG: Se mejora la productividad mediante la aplicación de Lean Construction en la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca

## 2. Estableciendo el nivel de significancia

Nivel de significancia  $\alpha = 0,05 = 5\%$

## 3. Elección de la prueba estadística

Como las varianzas son desconocidas y desiguales; además  $n \leq 10$  , entonces aplicamos la siguiente fórmula (T de Student):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{y}_2}{\sqrt{\frac{(n-1)S_1^2 + (m-1)S_2^2}{n+m-2} \left( \frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right)}}$$

Donde:

$\bar{x}_1$  : Promedio del primer grupo.

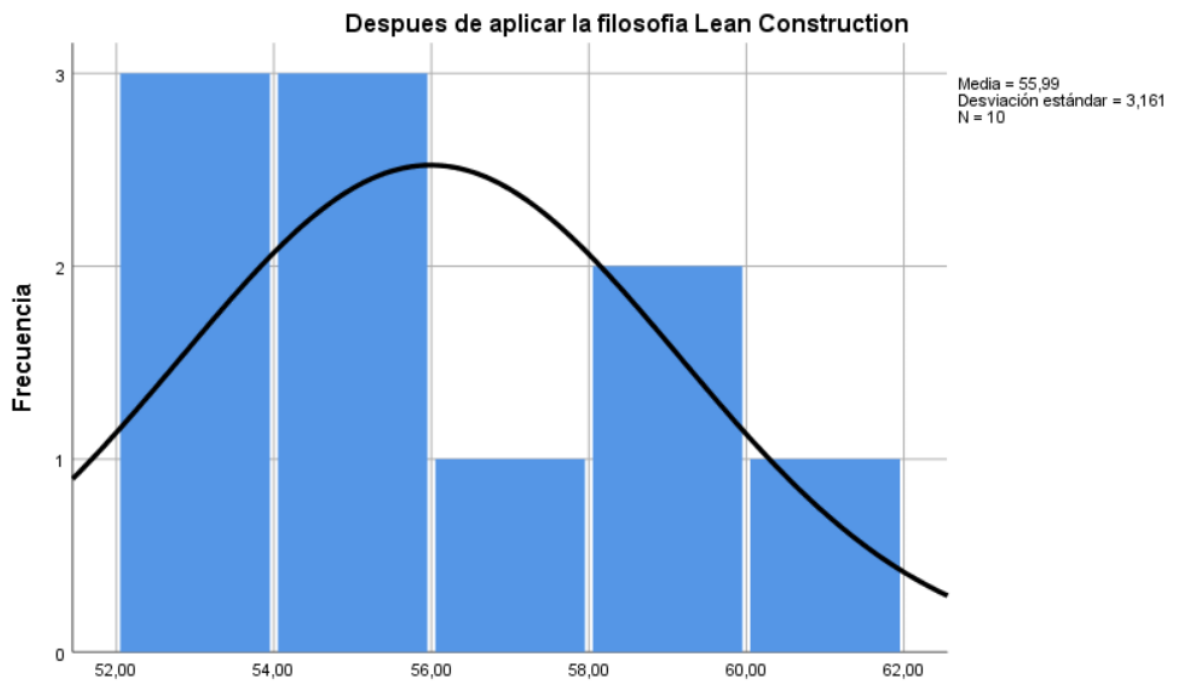
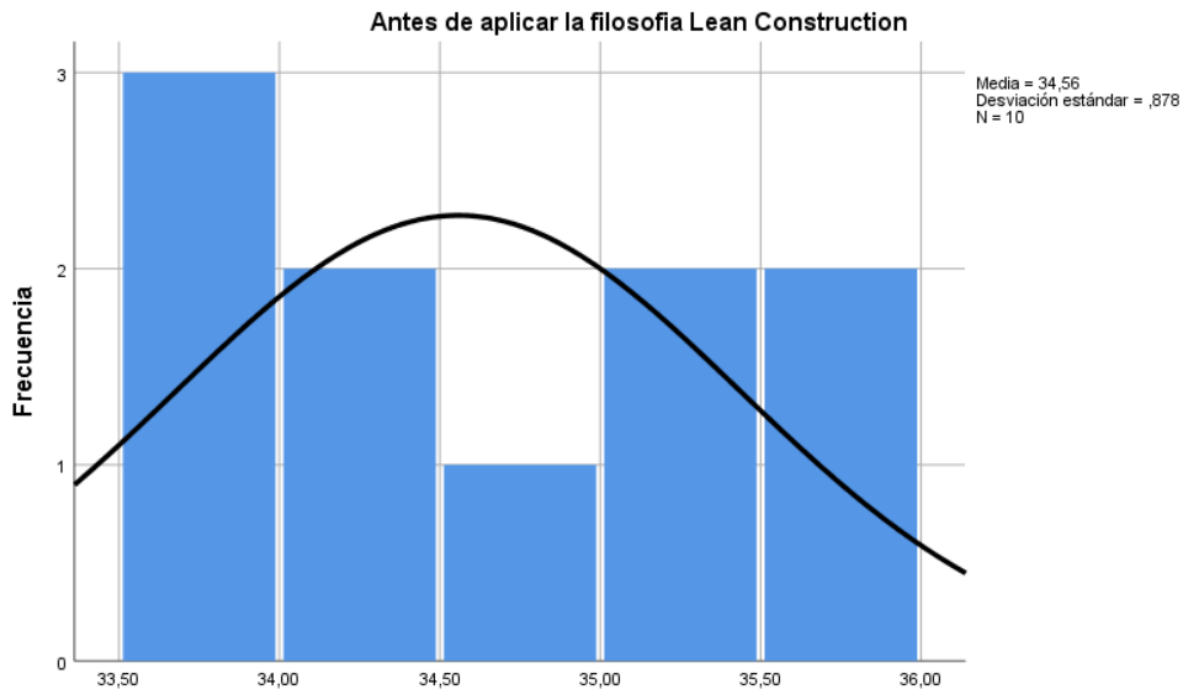
$\bar{y}_2$  : Promedio del segundo grupo.

$S_1^2$  : Varianza del primer grupo.

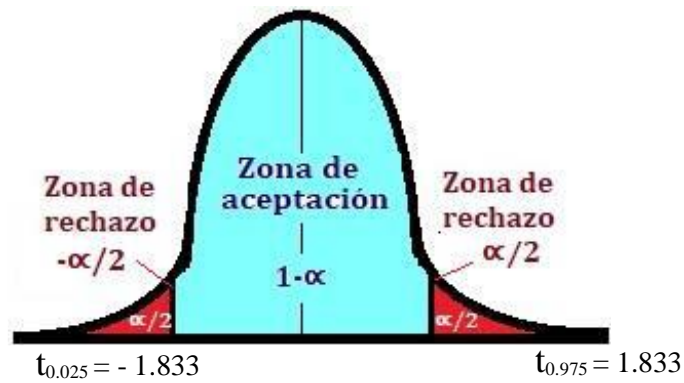
$S_2^2$  : Varianza del segundo grupo.

$n, m$  : Tamaño de la muestra del primer y segundo grupo respectivamente.

## 4. En SPSS obtendremos el resultado de T calculado



El valor crítico, para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a la tabla de t de student, para un nivel de significancia de 0.025 y 9 grados de libertad queda definido de la siguiente forma:



**Tabla 65**

Prueba T Student para muestras emparejadas.

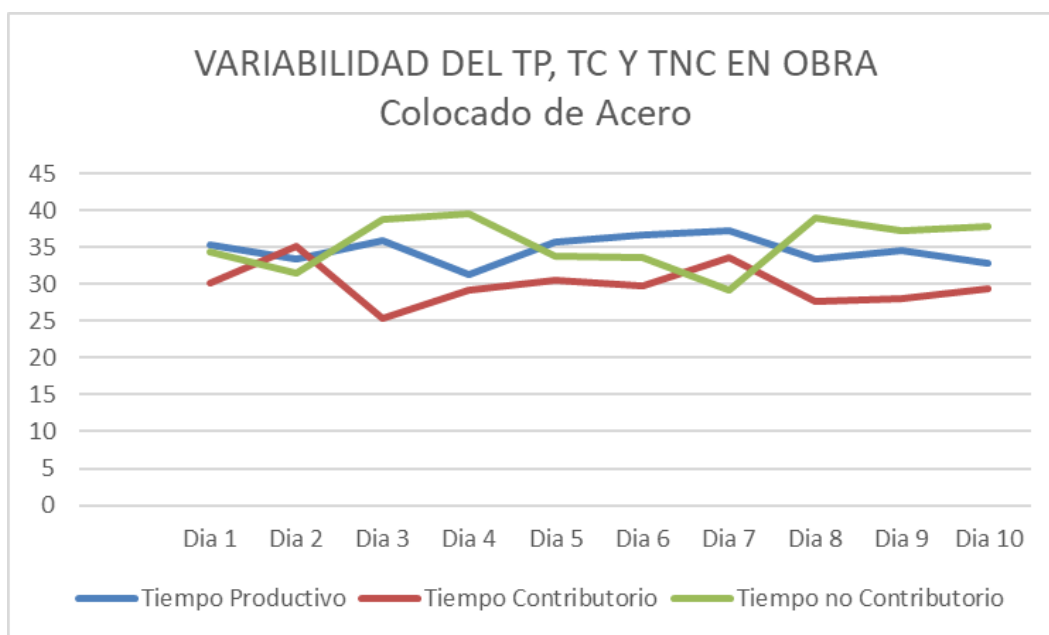
Muestras emparejadas								
	Media	D.S.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig.
				Inferior	Superior			
Sin y Con aplicación de la metodología Lean Construction	-21.433	3.44394	1.08907	-23.89665	-18.96935	-19.680	9	0.0005

## 5. Conclusión:

En la tabla, se observa que el valor calculado de la T de Student es -19,68 y el nivel de significancia (p-valor) es 0,0005 siendo menor que el valor de significancia establecida en la investigación que es el 5% (0,05). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación. Lo que significa que existen diferencias significativas entre las medias en la prueba de salida en ambos grupos. Lo que significa, que el uso del método Lean Construction influye significativamente optimizando los tiempos en la ejecución del casco gris del pabellón de hospitalización del proyecto “Construcción del Hospital materno Infantil – Juliaca”

## 5 DISCUSIONES

**PRIMERO:** En cuanto al primer objetivo específico de la presente investigación. Planificar los alcances del casco gris mediante una de las herramientas de Lean Construction para incrementar la productividad durante la ejecución. La cual, en la práctica, encontró los trabajos no contributorios en  $25.49\% \pm 3.52\%$  promedio, con mediciones entre  $29.17\%$  y  $39.5877\%$ ; los trabajos contributorios en  $29.87\% \pm 2.83\%$  promedio, con mediciones entre  $25.26\%$  y  $35.16\%$  y el trabajo productivo en  $34.64\% \pm 1.9\%$  promedio; con mediciones entre  $31.25\%$  y  $37.24\%$



En cambio, Cervantes, C. (2016), obtuvo un TP = 36%, TC= 43% y TNC = 21% siendo el nivel muy parecido al encontrado en este estudio. En el ámbito teórico, (Ghio C., 2001); menciona los valores en trabajo no contributorio del 36%; trabajo contributorio del 36% y del 28% del trabajo productivo. Esto nos hace inferir precisamente, que el grado de aplicación del Lean Construction optimizó la medición de productividad, y los valores encontrados en la presente investigación los cuales son similares entre el antecedente, teoría y mi investigación.

**SEGUNDO:** Para el segundo objetivo específico de la presente investigación. Regular el rendimiento de la mano de obra mediante la carta balance para optimizar la productividad en las partidas más críticas del casco gris. En esta etapa se determinó, que utilizando los datos obtenidos en campo se evaluó la productividad analizando las principales pérdidas encontradas en la presente investigación las cuales son:

a. Trabajos contributivos: Transporte, Habilidad, Instrucción, Mediciones, Otros contributivos y Limpieza); las mismas que diferenciaron a las mencionadas por (Cosi, 2017) ya que en su investigación muestra como pérdidas contributivos: Transporte, limpieza, instrucción, mediciones, otros. Y es así que lo expuesto por (Ghio, 2001) con respecto a la teoría indica: Transporte manual, Otros, mediciones, Aseo o Limpieza e Instrucciones. En este contexto cabe señalar que es importante recalcar que dentro de toda actividad en una obra de construcción existe habilidad, pérdida que a criterio del investigador debe ser siempre considerada.

b. Trabajos no contributivos (Espera, No presente y Viaje); en cuanto a ello, también se diferenciaron a las encontradas por (Cosi, 2017), el cual indica en su investigación las siguientes pérdidas no contributivos: Esperas, necesidades biológicas (No presente), otros. En cambio (Ghio, 2001) (Viajes, Tiempo ocioso, Espera y Trabajo rehecho). Es así que, en este enfoque, a criterio del presente investigador la pérdida “otros” en el trabajo no contributivo no debe contemplarse, pues son estas pérdidas las que deben llegar a eliminarse u disminuir hasta su mínima expresión, pues, estas pérdidas las no contributivos son las que no generan ningún valor al producto.

Es así que luego de escrudiñar las evaluaciones podemos indicar que se determinó que la manera de aplicación del Lean Construction optimizó la evaluación de la productividad; por lo que esta investigación consigna las principales pérdidas consideradas en la carta balance.

**TERCERO:** Es importante, poner en alto relieve, que para el tercer objetivo específico de la presente investigación. Determinar el incremento de la productividad como resultado de la aplicación de Lean Construction del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil – Juliaca. Esta fue la parte de la investigación donde se observó que a la aplicación de la filosofía Lean Construcción incremento la productividad como en todos los antecedentes mencionados en la presente investigación. En lo que respecta a la teoría (Ghio, 2001) indica: “La planificación de un horizonte corto nos permite lograr un porcentaje de cumplimiento del orden del 100%”. Con lo cual se analizó que la forma de aplicación del Lean Construction incremento la planificación de productividad, pues el porcentaje de plan cumplido obtuvo valores similares a los indicados por la teoría y los antecedentes utilizados para discutir esta etapa.

**CUARTO:** Para el objetivo general de la presente investigación. Aplicar la filosofía Lean Construction para una mejora de la productividad en la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca. Reflejada en las mediciones pre test y post test, mediante los cálculos y resultados mostrados en la siguiente tabla.

	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 8</b>	<b>Día 9</b>	<b>Día 10</b>
<b>Tiempo Productivo</b>	57.81	52.86	54.95	54.69	59.38	61.72	54.17	58.59	52.60	53.13
<b>Tiempo Contributorio</b>	31.51	34.11	26.30	26.56	28.39	28.65	28.91	29.69	31.25	30.47
<b>Tiempo no Contributorio</b>	10.68	13.02	18.75	18.75	12.24	9.64	16.93	11.72	16.15	16.41

Luego inferimos con claridad, que la presente investigación está en el promedio de los valores mencionados por el antecedente y la teoría. Además, se demuestra que la aplicación del Lean Construction optimizó los tiempos en la construcción del casco gris del pabellón de hospitalización del Hospital Materno Infantil tipo 2.2-E de la ciudad de Juliaca.

## 6 CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Al planificar las actividades reales indicadas en el expediente técnico, se mejoró la productividad desde el Layout que nos permitió reducir las pérdidas por esperas y desplazamientos, ya que se redujeron del 30% al 5% en abril y del 6% al 2% en mayo respectivamente. Además, con la sectorización del trabajo, se garantizó que el personal pueda movilizarse vertical y horizontalmente y así poder completar la actividad de 1 día.

**SEGUNDO.** - La planificación de la productividad se optimiza a través de la forma de aplicación Lean Construction de Last Planner y Look Ahead, al realizarse la planificación real con la menor diferencia con el plan o planificación básica, hay un 20% de diferencia en el cumplimiento entre los dos después de aplicar las herramientas, el porcentaje de finalización inicial del plan es del 80% y el porcentaje de finalización final es del 100%.

### Antes de la aplicación de la filosofía Lean Construction

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
<b>Tiempo Productivo</b>	35.42	33.33	35.94	31.25	35.68	36.72	37.24	33.33	34.64	32.81
<b>Tiempo Contributorio</b>	30.21	35.16	25.26	29.17	30.47	29.69	33.59	27.60	28.13	29.43
<b>Tiempo no Contributorio</b>	34.38	31.51	38.80	39.58	33.85	33.59	29.17	39.06	37.24	37.76

### Después de la aplicación de la filosofía Lean Construction

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
<b>Tiempo Productivo</b>	57.81	52.86	54.95	54.69	59.38	61.72	54.17	58.59	52.60	53.13
<b>Tiempo Contributorio</b>	31.51	34.11	26.30	26.56	28.39	28.65	28.91	29.69	31.25	30.47
<b>Tiempo no Contributorio</b>	10.68	13.02	18.75	18.75	12.24	9.64	16.93	11.72	16.15	16.41

**TERCERO.** - La carta de balance es una herramienta que nos permitió realizar las mediciones reales que se obtiene en campo tanto en trabajos productivos, contributorios y no contributorios. En este caso se realizó la evaluación a las partidas de acero - encofrado – concreto, junto al análisis de transporte vertical y horizontal en donde se encontró que el mayor punto de incidencias eran los trabajos no contributivos y se realizó una mejora en optimización de (TP 34.64%, TC 29.87%, TNC 35.49%) a (TP 55.99%, TC 29.58%, TNC 14.43%). Se concluyó que se debió a una mala distribución de cuadrillas y la falta de planificación.

**CUARTO.** - Los conceptos de Lean Construction y la aplicación de las últimas herramientas del sistema de planificación ayudan a aumentar la productividad de la obra tal como se demostró en todos los cuadros y gráficos mostrados en el presente documento.

## 7 RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Se debe aplicar los conceptos de Lean Construction antes de que comience el proyecto, para un mejor control sobre el trabajo tal como se aplica en la implementación donde es más complicada.

**SEGUNDO:** Se recomienda que, a la hora de planificar, todo el equipo este involucrados en el campo para que obtenga más información sobre el proceso de construcción en curso.

**TERCERO:** Al realizar la recolección de datos, se recomienda un formato correspondiente a la carta de balance para mejorar el análisis observacional de cada actividad.

**CUARTO:** Se recomiendan herramientas de Lean Construction para su uso en diferentes puestos de trabajo que se desarrollan localmente y en la región, introduciendo estos conceptos a través de reuniones o capacitaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón, L. F. (ed), Lean Construction, A.A. Balkema. The Netherlands.
- Alpízar, G. (2017). Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Ballard, G, & Howell, G. (1995). Toward Construction JIT. Alarcón, L. F. (ed), Lean Construction, A.A. Balkema. The Netherlands.
- Ballard, G. (1993). Lean Construction and EPC Performance Improvement.
- Ballard, H. (2000). The last planner system of production control (thesis doctoral). University of Birmingham, Reino Unido.
- Botero, L, & Álvarez, M. (2004). Guía de Mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda ( Lean Construction como estrategia de mejoramiento). Universidad EAFIT. Vol 40. N°136, 50- 64.
- Botero, L. (2000). Construcción sin pérdidas. 2 ed. Bogotá, D.C.: Legis.
- Cantu, A, Moreno, J, Gallina, M, & García, G. (2009). Productividad real en obras civiles. Análisis de un caso. Presentado en el Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería (En IDI). San Rafael, Mendoza, Argentina.
- Cárdenas, L. (2003). Planificación y control de la producción para la construcción.
- Casahuaman, L, & Luján, J. (2019). Propuesta e implementación del sistema Last Planer, en una empresa constructora pequeña, en la construcción de una agencia bancaria en Lima (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú
- Castro, J, & Pajares, J. (2014). Propuesta e implementación de sectorización y trenes de trabajo para acabados interiores bajo la filosofía Lean Construction, en obras de construcción de viviendas masivas (tesis de pregrado). Universidad Peruana de

Ciencias Aplicadas, Perú.

Cervantes D. (2016). “Aplicación De La Filosofía Lean Construction En La Planificación, Programación, Ejecución Y Control De La Construcción Del Estadio De La Una – Puno”. Puno-Perú. Universidad Nacional del Altiplano.

Collachagua, I. (2017). “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”. HUANCAYO PERU: Universidad Continental.

Cosí, J. (2017). “Diagnóstico Y Evaluación De Los Niveles De Productividad En La Construcción Mediante La Filosofía Lean Construction En La Ciudad De Tacna”. Tacna -peru. Universidad Privada de Tacna

Cotrina, J. (2017). Aplicación del Lean Construction para optimizar la productividad en una obra de ampliación del pabellón educativo en Ñaña-Lurigancho-Lima 2017 (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

De La Cruz, J, & Neira, S. (2019). Aplicación de la metodología Last Planner System en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el Distrito de Trujillo 2019 (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo Perú.

Flores, D. (2016). Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de la Construcción del Estadio de la UNA-Puno (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Ghio, V. (2001). Productividad en Obras de Producción. Diagnóstico, Crítica y Propuesta. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Gonzalez, B. (2018). Principios y Herramientas para la Administración del Mejoramiento de la Productividad en Obras de Edificación (Lean Construction) (tesis de grado).

Universidad Nacional Autónoma de México, México.

González, V, & Alarcón, L. (2003). *Buffers de Programación: Una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica De Chile.

Guzmán, A. (2014). *Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos (tesis de pregrado)*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Hopp, W, & Spearman, M. (1996). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Boston: Irwin/McGraw-Hill.

Horman, M. (2000). *Process Dynamics: Buffer Management in Building Project Operations*. Ph D Dissertation Faculty of Architecture, Building and Planning. The University of Melbourne, Melbourne, Australia. .

Howell, G. (1999). *What is Lean Construction*. Lean Construction Institute.

Hoyos, M, & Botero, L. (2017). *Manual de Buenas Prácticas. Last Planner System - Sistema de Ultimo Planificador*. 7.

Issa, U. (2013). *Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time*. *Alexandría Engineering Journal*.

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction (doctoral thesis)*. Stanford University, USA.

Krupka, D. (1992). *Time as a Primary System Metric*. In: Heim, Joseph A. & Compton, W. Dale (ed.).1992. *Manufacturing systems: foundations of world- class practice*.National Academy Press. Washington, DC.

Lean Construction Institute. (2013). *Introduction to Pull Planning*. (I. t. Planning, Productor).

Madariaga, J, & Ccapa, D. (2019). *Evaluación de la ejecución de proyectos de edificación*

- de concreto armado en torno al BIM y Lean Construction (tesis de pregrado).  
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Noguera, D. (2019). Building Information Modeling 4D, Virtual Design & Construction y Last Planner System. Universidad Politecnica de Valencia. Valencia .
- Orihuela, P. (2008). Aplicación de la teoría de restricciones a un proceso constructivo, Boletín N°01.
- Parra, D. (2019). Efecto del Last Planner System en la Productividad Total de los Factores en Proyectos de Obras Viales (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Río Bamba, Ecuador.
- Pérez, J. (2014). "JUST IN TIME" Aplicado en la Industria de la Construcción (tesina de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pérez, J. (2019). Aplicación de las Herramientas Lean Construction para la mejora de la planificación en la ejecución de la obra "Creación del Coliseo Cultural Polideportivo de la Localidad de Putina, Provincia de San Antonio de Putina, Puno". Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Pons, J. (2014). Introducción a Lean construction. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.
- Rodriguez, A, Alarcon, L, & Pellicer, E. (2011). La gestion de la obra desde la perspectiva del último planificador. Revista de Obras Públicas, 158.
- Rodriguez, E. (2018). Filosofía Lean Construction Aplicada Teóricamente en un Proyecto de Construcción (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Coahuila. México.
- Rodriguez, W. (2012). Mejoramiento de la productividad en la construcción de obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM . Lima, Perú: Culturabierta E.I.R.L.

- Sabbatino, D. (2011). "Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación en Chile".
- Santa Cruz, T, & Lozano, M. (2007). Estudio de la productividad en una obra de edificación (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.  
Santiago: Pontificia Universidad católica de Chile.
- Serpell A. (1993). Administración de Obra de Construcción. Santiago, Chile.
- Serpell, A. (1986). Productividad en la producción. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Serpell, A. (2002). Administración de operaciones de construcción. 2 edición. Chile: Alfaomega.
- Tiwari, S, & Sarathy, P. (2012). Pull Planning as a Mechanism to Deliver Constructible Design. (I. D.Tommelein, Ed.) 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, USA: Montezuma Publishing.
- Valencia, J. (2018). Aplicación de Lean Construction al sector de la Infraestructura Vial en Colombia. Fundación Universidad de América, Bogotá D.C.
- Vilcapoma, R. (2017). Aplicación del sistema de planificación Last Planer y su influencia en la gestión operativa del proyecto "Mejoramiento y modificación de la línea de carga de concentrado en el patio ferroviario de la Sociedad Minera el Brocal". Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- 5 niveles del sistema Last Planner® «Debería, Puedo, Haré, Hice y Aprendí». (s. f.). 4ECONSTRUCCION. <https://www.4econstruccion.com/blog-4econstruccion/5-niveles-del-sistema-last-planner>
- Constructivo, R. (s. f.). 6 Maneras de Hacer Lean y Vencer a la Competencia con Tecnología en la Construcción. <https://constructivo.com/noticia/6-maneras-de->

hacer-lean-y-vencer-a-la-competencia-con-tecnologia-en-la-construccion-

1602110623

## ANEXOS

### Anexo A. Carta balance

**OBRA: CONSTRUCCION DEL HOSPITAL MATERNO INFANTIL CONO SUR - JULIACA (BLOQUE B4) - I**  
**PARTIDA: VIGAS DE CIMENTACION**  
**SUBPARTIDAS: ACERO-CONCRETO-ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**  
**COLOCACION DE ACERO**

	CUADRILLA												ACTIVIDAD	
	hora	obrero 1	obrero 2	obrero 3	obrero 4	obrero 5	obrero 6	obrero 7	obrero 8	obrero 9	obrero 10	obrero 11		obrero 12
1	00-15	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	COLOCACION DE ACERO
2	00-30	H	H	H	E	M	E	L	E	L	E	T	H	COLOCACION DE ACERO
3	00-45	H	T	TP	I	M	TP	TP	H	N	E	E	TP	COLOCACION DE ACERO
4	01-00	T	T	TP	M	TP	TP	TP	M	TP	H	N	TP	COLOCACION DE ACERO
5	01-15	T	H	TP	M	TP	R	TP	E	TP	M	TP	E	COLOCACION DE ACERO
6	01-30	TP	TP	TP	TP	TP	R	TP	H	H	E	N	X	COLOCACION DE ACERO
7	01-45	TP	TP	R	TP	M	E	E	E	TP	TP	TP	E	COLOCACION DE ACERO
8	02-00	TP	TP	R	TP	R	TP	H	H	TP	TP	TP	H	COLOCACION DE ACERO
9	02-15	TP	TP	H	TP	X	X	M	TP	D	V	E	M	COLOCACION DE ACERO
10	02-30	TP	M	M	M	E	N	M	H	E	E	E	E	COLOCACION DE ACERO
11	02-45	E	M	M	TP	M	T	D	TP	TP	N	X	E	COLOCACION DE ACERO
12	03-00	E	TP	M	TP	M	H	N	H	TP	TP	TP	E	COLOCACION DE ACERO
13	03-15	TP	TP	E	E	TP	TP	X	V	TP	R	TP	N	COLOCACION DE ACERO
14	03-30	TP	X	N	E	TP	TP	E	TP	L	D	E	TP	COLOCACION DE ACERO
15	03-45	TP	E	TP	X	TP	TP	TP	R	L	B	E	TP	COLOCACION DE ACERO
16	04-00	M	M	E	D	H	TP	TP	TP	D	D	TP	H	COLOCACION DE ACERO
17	04-15	D	D	E	TP	D	D	TP	TP	H	E	R	T	COLOCACION DE ACERO
18	04-30	H	TP	TP	TP	M	TP	H	E	TP	TP	E	TP	COLOCACION DE ACERO
19	04-45	E	TP	E	TP	E	M	D	D	TP	H	D	D	COLOCACION DE ACERO
20	05-00	X	T	D	D	E	V	E	E	D	TP	N	I	COLOCACION DE ACERO
21	05-15	TP	T	N	L	N	E	TP	D	TP	M	E	TP	COLOCACION DE ACERO
22	05-30	TP	H	TP	TP	H	M	TP	B	TP	X	E	V	COLOCACION DE ACERO
23	05-45	TP	TP	E	TP	TP	TP	M	TP	M	E	TP	H	COLOCACION DE ACERO
24	06-00	TP	TP	H	M	TP	TP	TP	H	H	TP	M	I	COLOCACION DE ACERO
25	06-15	R	M	TP	E	E	M	E	M	T	TP	E	TP	COLOCACION DE ACERO
26	06-30	X	R	TP	TP	TP	E	E	E	T	TP	E	E	COLOCACION DE ACERO
27	06-45	E	R	E	E	E	D	R	E	X	E	D	E	COLOCACION DE ACERO
28	07-00	M	TP	E	H	E	X	I	E	M	R	X	X	COLOCACION DE ACERO
29	07-15	TP	E	TP	H	E	E	E	E	TP	H	TP	N	COLOCACION DE ACERO
30	07-30	TP	TP	M	X	H	E	TP	H	H	R	E	TP	COLOCACION DE ACERO
31	07-45	TP	L	E	E	TP	E	TP	TP	TP	E	E	TP	COLOCACION DE ACERO
32	08-00	L	L	E	L	E	TP	TP	TP	TP	TP	TP	TP	COLOCACION DE ACERO



Anexo C. Metrados

<b>CALZADURA</b>											
<b>"HOSPITAL MATERNO INFANTIL CONO SUR DE JULIACA - PUNO" - BLOQUE 4</b>											
<b>CONCRETO SIMPLE - 100 Kg/cm<sup>2</sup> + 40% PM</b>				<b>M3</b>	<b>9.12</b>	<b>ENCOFRADO</b>				<b>M2</b>	<b>13.66</b>
Descripción	# veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Descripción	# veces	Largo	Alto	Parcial	
BLOCK 2	1	A=	0.75	12.16	9.120	BLOCK 2	1	12.16	1.00	12.160	
					0.000		2		0.75	1.500	
										0.000	
<b>Total</b>					<b>9.120</b>	<b>Total</b>				<b>13.660</b>	

## Anexo D. Planeación maestra

01	▾ OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES SEGURIDAD Y SALUD	270 días	jue 01/08/19	
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES	20 días	jue 01/08/19	
01.01.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	20 días	vie 23/08/19	3
01.02	INSTALACIONES PROVISIONALES	10 días	vie 23/08/19	3
01.03	TRABAJOS PRELIMINARES	90 días	vie 06/09/19	5
01.04	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	270 días	jue 01/08/19	3CC
01.05	SEGURIDAD Y SALUD	270 días	jue 01/08/19	7CC
01.05.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD EN OBRA	15 días	mar 03/09/19	
01.05.02	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIA EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	7 días	jue 01/08/19	
02.00.00	▾ ESTRUCTURAS	149.81 días	jue 01/08/19	
	CONTROL ESTRUCTURAS	0 días	jue 01/08/19	
02.01	MOVIMIENTOS DE TIERRAS	15 días	lun 19/08/19	12
02.02	CONCRETO SIMPLE	7 días	jue 22/08/19	12
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	120 días	jue 05/09/19	13,14
	REQUERIMIENTO ESTRUCTURAS METALICAS	0 días	jue 05/09/19	15CC
02.04	ESTRUCTURA METALICA	30 días	vie 11/10/19	16FC+30 días
02.05	VARIOS ESTRUCTURAS	15 días	sáb 11/01/20	17,15FF
03.00	▾ ARQUITECTURA	370.75 días	jue 01/08/19	
	CONTROL ARQUITECTURA	0 días	jue 01/08/19	12
03.01	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA	120 días	vie 02/08/19	20
03.02	MURO CON EL SISTEMA DE CONSTRUCCION EN SECO	120 días	mar 19/11/19	21CC+90 días
03.03	REVOQUES Y ENLUCIDOS	180 días	jue 01/08/19	21FF
03.04	GRADAS EN INTERIORES	45 días	lun 13/01/20	23FF
03.05	CIELOS BAJOS	20 días	lun 22/10/19	23FF

Anexo E. Panel fotográfico



FOTO 01: SE MUESTRA LAS PARTIDAS DE CASCO GRIS



FOTO 02: SE MUESTRA LAS LOSAS TERMINADAS



FOTO 03: SE PUEDE APRECIAR LAS PARTIDAS DE CASCO GRIS



FOTO 04: VERIFICACION DE LOS TRABAJOS REALIZADOS