

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



**MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD POR MEDIO DE LA
HERRAMIENTA CARTAS BALANCE EN UN EDIFICIO
MULTIFAMILIAR EN LA CIUDAD Y PROVINCIA DE
CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

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

AUTOR

FELIX ALEJANDRO TULLUME UCEDA

ASESOR

MGTR. CÉSAR EDUARDO CACHAY LAZO

Chiclayo, 2019

“SI BUSCAS RESULTADOS DISTINTOS,
NO HAGAS SIEMPRE LO MISMO”

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Antecedentes:	2
2.2 Bases Teórico Científicas:	4
2.3 Conceptos Básicos:	6
2.3.1. Productividad:.....	6
2.3.2. Trabajo Productivo (TP):.....	6
2.3.3. Trabajo Contributorio (TC):	6
2.3.4. Trabajo No Contributorio (TNC):	7
2.3.5. Cartas Balance:	7
2.3.6. Lean Construction:	7
2.3.7. Modelo de Conversión de Procesos:	8
2.3.8. Modelo de Flujos de Procesos:	8
2.3.9. Planificación maestra:.....	8
2.3.10. Look Ahead Planning:	9
2.3.11. Porcentaje de planificación completa (PPC):	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 Diseño de investigación	9
3.2 Metodología	9
3.2.1. Metodología: Cartas Balance.....	9
3.2.1.1. Reconocimiento e identificación de las actividades productivas, contributorias y no contributorias.....	11
3.2.1.2. Descripción del diagrama de flujo del proceso de las partidas.....	12
3.2.1.3 Distribución del personal utilizado.....	12
3.2.1.4 Formatos y herramientas utilizadas	13
3.2.1.5 Evaluación: Toma de datos.....	15
IV. RESULTADOS	15
Aplicación de Herramienta Cartas Balance al Proyecto Elegido.....	15
4.1. Descripción del Proyecto.....	15
4.2. Aplicación de la Metodología en Obra: Cartas Balance	16
Encofrado.....	16
4.2.1. Desarrollo de la metodología.....	16
4.2.2. Encofrado Vigas de Cimentación	16
4.2.2.1. Desarrollo de la metodología.....	16
4.2.2.2. Análisis de resultados	19
4.2.2.3. Propuestas de mejora:	21
4.2.3. Encofrado Muros de Contención.....	22
4.2.3.1. Desarrollo de la metodología.....	22
4.2.3.2. Análisis de resultados	24
4.2.4. Encofrado de Columnas.....	25
4.2.4.1. Desarrollo de la metodología.....	25

4.2.4.2. Análisis de resultados	29
4.2.4.3. Propuestas de mejoras	30
4.2.5. Encofrado de Vigas	31
4.2.5.1. Desarrollo de la metodología.....	31
4.2.5.2. Análisis de resultados	34
4.3.5.3. Propuestas de mejoras	35
4.2.6. Encofrado de Losa	36
4.2.6.1. Desarrollo de la metodología.....	36
4.2.6.2. Análisis de resultados	39
4.2.6.3. Propuestas de mejoras	40
Habilitado y armado de Acero	41
4.2.7. Desarrollo de la metodología.....	41
4.2.8. Habilitado y armado de acero de Columnas	41
4.2.8.1. Desarrollo de la metodología.....	41
4.2.8.2. Análisis de resultados	44
4.3.8.3. Propuestas de mejoras	46
4.2.9. Habilitado y armado de acero Vigas.....	47
4.2.9.1. Desarrollo de la metodología.....	47
4.2.9.2. Análisis de resultados	50
4.2.9.3. Propuestas de mejoras	51
4.2.10. Habilitado y armado de acero Losa	52
4.2.10.1. Desarrollo de la metodología.....	52
4.2.10.2. Análisis de resultados	55
4.2.10.3. Propuestas de mejoras	56
Concreto	57
4.2.11. Concreto en Columnas.....	57
4.2.11.1. Desarrollo de la metodología.....	57
4.2.11.2. Análisis de resultados	60
4.2.12. Concreto Losa.....	63
4.2.12.1. Desarrollo de la metodología.....	63
4.2.12.2. Análisis de resultados	66
4.2.12.3. Propuestas de mejoras:	69
Arquitectura.....	70
4.2.11. Asentado de Muros	70
4.2.11.1. Desarrollo de la metodología.....	70
4.2.11.2. Análisis de resultados	73
4.2.11.3. Propuestas de Mejoras:	74
4.2.12. Tarrajeo de Muros	75
4.2.12.1. Desarrollo de la metodología.....	75
4.2.12.2. Análisis de resultados	78
4.2.13. Tarrajeo de Losa	80
4.2.13.1. Desarrollo de la metodología.....	80
4.2.13.2. Análisis de resultados	83

4.2.13.3. Propuestas de mejoras	84
4.2.14. Instalaciones Sanitarias.....	85
4.2.14.1. Desarrollo de la metodología.....	85
4.2.14.2. Análisis de resultados	88
4.2.14.3. Propuestas de mejoras:	89
4.2.15. Instalaciones Eléctricas.....	90
4.2.15.1. Desarrollo de la metodología.....	90
4.2.15.2. Análisis de resultados	93
4.2.15.3. Propuestas de mejoras	94
4.3. Cuadros Resumen de Partidas Analizadas	95
Resultados sin Aplicación de Herramientas LEAN:	95
4.3.1. Habilitado y armado de Acero Losa	95
4.3.2. Habilitado y armado de Acero Vigas.....	96
4.3.3. Habilitado y armado de Acero Columnas:.....	98
4.3.4. Encofrado Columnas:.....	100
4.3.5. Encofrado Vigas:	101
4.3.6. Encofrado Losa:.....	103
4.3.7. Asentado Muros de Ladrillo.....	105
Resultados con la Aplicación de Herramientas LEAN:	106
4.3.8. Habilitado y armado de Acero Losa	106
4.3.9. Habilitado y armado de Acero Vigas:.....	108
4.3.10. Habilitado y armado de Acero Columnas:.....	109
4.3.11. Encofrado Columnas:.....	111
4.3.12. Encofrado Vigas:	112
4.3.13. Encofrado Losa:.....	113
4.3.14. Asentado Muros de Ladrillo:.....	115
4.3.15. Tarrajeo de Losa:	117
4.3.15. Tarrajeo de Muros:	119
V. DISCUSIÓN	121
VI. CONCLUSIONES	130
VII. RECOMENDACIONES	132
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
IX. ANEXOS.....	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de Flujo de Procesos	8
Figura 2 Metodología empleada para la optimización de las partidas analizadas	11
Figura 3 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado.....	12
Figura 4 Diagrama Spaguetti del Proceso	13
Figura 5 Formato de Cartas Balance	14
Figura 6 Formato Cartas Balance - Cuadros Resumen.....	14
Figura 7 Vista del Proyecto	15
Figura 8 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Vigas de Cimentación	17
Figura 9 Diagrama Spaghuetti de la partida de Encofrado de Vigas de Cimentación ...	17
Figura 10 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Vigas	18
Figura 11 Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Vigas	18
Figura 12 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Encofrado Vigas de Cimentación.....	19
Figura 13 Trabajo Contributorio Encofrado de Vigas de Cimentación.....	19
Figura 14 : Ocupación del tiempo del Operario A	20
Figura 15 Ocupación del tiempo del Oficial B.....	21
Figura 16 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Muros de Sótano	22
Figura 17 Diagrama spaghetti de la partida de Encofrado de Muros de Sótano	22
Figura 18 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Muros de Sótano	23
Figura 19 Trabajo Productivo en la Partida de Encofrado Muros de Sótano	23
Figura 20 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado Muros de Sótano	24
Figura 21 Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado Muros de Sótano	24
Figura 22 Ocupación del tiempo del Operario A	25
Figura 23 Ocupación del tiempo del Oficial B.....	25
Figura 24 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Columnas.....	26
Figura 25 Diagrama Spaghetti de la partida de Encofrado de Columnas.....	26
Figura 26 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Columnas	27
Figura 27 Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Columnas.....	27
Figura 28 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Columnas	28
Figura 29 Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Columnas	28
Figura 30 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida Encofrado de Columnas	29
Figura 31 Ocupación del tiempo del Oficial B en la Partida Encofrado de Columnas ..	30
Figura 32 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Vigas.	31
Figura 33 : Diagrama de spaguetti de la partida de Encofrado de Vigas.	32
Figura 34 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Vigas.....	32

Figura 35 Trabajo Productivo en la Partida de Encofrado de Vigas	33
Figura 36 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Vigas	33
Figura 37 Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Vigas	34
Figura 38 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida de Encofrado de Vigas .	35
Figura 39 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida de Encofrado de Vigas	35
Figura 40 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Losa.	36
Figura 41 Diagrama de Spaghetti de la partida de Encofrado de Losa.	37
Figura 42 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Losa.....	38
Figura 43 Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Losa.	38
Figura 44 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Losa.	38
Figura 45 Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Losa.....	39
Figura 46 Ocupación del tiempo del Operario A	40
Figura 47 Ocupación del tiempo del Oficial B.....	40
Figura 48 Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero de Columnas.....	42
Figura 49 Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero de Columnas.....	42
Figura 50 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Acero Columnas.....	43
Figura 51 Trabajo Productivo en la partida de Acero Columnas	43
Figura 52 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Acero Columnas	44
Figura 53 Trabajo Contributorio en la partida de Acero Columnas	44
Figura 54 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida de Armado de Acero Columnas.....	45
Figura 55 Ocupación del tiempo del Oficial B en la Partida de Armado de Acero Columnas.....	45
Figura 56 Diagrama de Flujo de la partida de habilitado y armado de acero de Vigas..	47
Figura 57 Diagrama de Spaghetti de la partida de habilitado y armado de acero de Vigas.....	48
Figura 58 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Acero Vigas	48
Figura 59 Trabajo Productivo en la partida de Acero Vigas	49
Figura 60 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida Acero Vigas.....	49
Figura 61 Trabajo Contributorio en la partida Acero Vigas.....	50
Figura 62 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida Acero de Vigas.....	51
Figura 63 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida Acero de Vigas	51
Figura 64 Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de Acero de Losa.	53
Figura 65 Diagrama de Spaghetti de la partida de Habilitado y armado de Acero de Losa.	53
Figura 66 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Acero Losa	54
Figura 67 Trabajo Productivo en la partida Acero Losa	54
Figura 68 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida Acero Losa	55

Figura 69 Trabajo Contributorio en la Partida Acero Losa	55
Figura 70 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida Acero de Losa	56
Figura 71 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida Acero de Losa.....	56
Figura 72 Diagrama de Flujo de la partida Concreto Columnas.	57
Figura 73 Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Columnas.	58
Figura 74 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Concreto Columnas.....	58
Figura 75 Trabajo Productivo en la partida Concreto Columnas	59
Figura 76 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Columnas	59
Figura 77 Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Columnas	60
Figura 78 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida de Concreto Columnas.	61
Figura 79 Ocupación del tiempo del Oficial B en la Partida de Concreto Columnas	61
Figura 80 Ocupación del tiempo del Peón C en la partida de Concreto Columnas	62
Figura 81 Ocupación del tiempo del Peón D en la partida de Concreto Columnas	62
Figura 82 Ocupación del tiempo del Peón E en la partida de Concreto Columnas.....	63
Figura 83 Diagrama de Flujo de la partida Concreto Columnas.	63
Figura 84 Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Losa.....	64
Figura 85 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Concreto losa.....	65
Figura 86 Trabajo Productivo en la partida de Concreto Losa.....	65
Figura 87 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Concreto Losa	66
Figura 88 Trabajo Contributorio en la Partida de Concreto Losa	66
Figura 89 Ocupación del tiempo del Operario A	67
Figura 90 Ocupación del tiempo del Operario B.....	67
Figura 91 Ocupación del tiempo del Peón C.....	68
Figura 92 Ocupación de tiempo del Peón D.....	68
Figura 93 Ocupación de tiempo del Peón E	69
Figura 94 Ocupación de tiempo del Peón F	69
Figura 95 Diagrama de Flujo de la partida de Asentado de muros de ladrillo.	70
Figura 96 Diagrama de spaghetti de la partida de Asentado de muros de ladrillo.	71
Figura 97 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Asentado de Muros.....	71
Figura 98 Trabajo Productivo en la Partida de Asentado de Muros de Ladrillo	72
Figura 99 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Asentado de Muros de Ladrillo	72
Figura 100 Trabajo Contributorio en la partida de Asentado de Muros de Ladrillo	73
Figura 101 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida de Asentado de Muros de Ladrillo	74
Figura 102 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida de Asentado de Muros de Ladrillo	74
Figura 103 Diagrama de Flujo de la partida de Tarrajeo de muros.	75
Figura 104 Diagrama de spaghetti de la partida de Tarrajeo de muros.	76
Figura 105 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Tarrajeo de Muros.....	77

Figura 106 Trabajo Productivo en la Partida de Tarrajeo de Muros	77
Figura 107 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida Tarrajeo de Muros	78
Figura 108 Trabajo Contributorio en la partida Tarrajeo de Muros	78
Figura 109 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida Tarrajeo de Muros	79
Figura 110 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida Tarrajeo de Muros	79
Figura 111 Diagrama de Flujo de la partida de Tarrajeo de Losa.	80
Figura 112 : Diagrama Spaguetti de la partida de Tarrajeo de Losa.	81
Figura 113 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Tarrajeo de Losa	81
Figura 114 Trabajo Productivo en la partida de Tarrajeo de Losa	82
Figura 115 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Tarrajeo de Losa..	82
Figura 116 Trabajo Contributorio en la Partida de Tarrajeo de Losa.....	83
Figura 117 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida de Tarrajeo de Losa....	84
Figura 118 Ocupación del tiempo del Operario B en la Partida de Tarrajeo de Losa....	84
Figura 119 Diagrama de Flujo de la partida de instalaciones sanitarias.	85
Figura 120 Diagrama Spaghetti de la partida de instalaciones sanitarias.....	86
Figura 121 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Instalaciones Sanitarias.....	87
Figura 122 Trabajo Productivo en la partida de Instalaciones Sanitarias.....	87
Figura 123 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Instalaciones Sanitarias	88
Figura 124 Trabajo Contributorio en la partida de Instalaciones Sanitarias	88
Figura 125 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida de Instalaciones Sanitarias	89
Figura 126 Ocupación del tiempo del Oficial B en la Partida de Instalaciones Sanitarias	89
Figura 127 Diagrama de Flujo de la partida de instalaciones eléctricas.	90
Figura 128 Diagrama spaghetti de la partida de instalaciones eléctricas.	91
Figura 129 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Instalaciones Eléctricas.....	92
Figura 130 Trabajo Productivo en la Partida de Instalaciones Eléctricas	92
Figura 131 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Instalaciones Eléctricas	93
Figura 132 Trabajo Contributorio en la partida de Instalaciones Eléctricas	93
Figura 133 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida de Instalaciones Eléctricas	94
Figura 134 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida de Instalaciones Eléctricas	94
Figura 135 Tiempo Productivo en la partida de Habilitado y armado de acero losa.	95
Figura 136 Tiempo Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero losa. 96	
Figura 137 Tiempo No Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero losa.....	96
Figura 138 Tiempo Productivo en la partida de Habilitado y armado de acero vigas. ..	97

Figura 139 Tiempo Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero vigas.	97
Figura 140 Tiempo No Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero vigas.	98
Figura 141 Tiempo Productivo en la partida de Habilitado y armado de acero columnas.	98
Figura 142 Tiempo Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero columnas.	99
Figura 143 Tiempo No Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero columnas.	99
Figura 144 Tiempo Productivo en la partida de encofrado columnas.	100
Figura 145 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado columnas.	100
Figura 146 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado columnas.	101
Figura 147 : Tiempo Productivo en la partida de encofrado vigas.	101
Figura 148 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado vigas.	102
Figura 149 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado vigas.	102
Figura 150 Tiempo Productivo en la partida de encofrado losa.	103
Figura 151 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado losa.	103
Figura 152 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado losa.	104
Figura 153 Tiempo Productivo en la partida de asentado muros de ladrillo.	105
Figura 154 Tiempo Contributorio en la partida de asentado muros de ladrillo.	105
Figura 155 Tiempo No Contributorio en la partida de asentado muros de ladrillo.	106
Figura 156 Tiempo Productivo en la partida de acero losa.	106
Figura 157 Tiempo Contributorio en la partida de acero losa.	107
Figura 158 Tiempo NO Contributorio en la partida de acero losa.	107
Figura 159 Tiempo Productivo en la partida de acero vigas	108
Figura 160 Tiempo Contributorio en la partida de acero vigas.	108
Figura 161 Tiempo No Contributorio en la partida de acero vigas.	109
Figura 162 Tiempo Productivo en la partida de acero columnas.	109
Figura 163 Tiempo Contributorio en la partida de acero columnas.	110
Figura 164 Tiempo No Contributorio en la partida de acero columnas.	110
Figura 165 Tiempo Productivo en la partida de encofrado columnas.	111
Figura 166 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado columnas.	111
Figura 167 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado columnas.	112
Figura 16869 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado vigas.	113
Figura 1690 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado vigas.	113
Figura 170 Tiempo Productivo en la partida de encofrado losa.	114
Figura 171 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado losa.	114
Figura 172 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado losa.	115
Figura 173 Tiempo Productivo en la partida de asentado de muros.	116
Figura 174 Tiempo Contributorio en la partida de asentado de muros.	116
Figura 175 Tiempo No Contributorio en la partida de asentado de muros.	117
Figura 176Tiempo Productivo en la partida de tarrajeo de losa.	118

Figura 177 Tiempo Contributorio en la partida de tarrajeo de losa.....	118
Figura 178 Tiempo No Contributorio en la partida de tarrajeo de losa.....	118
Figura 179 Tiempo Productivo en la partida de tarrajeo de muros.	119
Figura 180 Tiempo Contributorio en la partida de tarrajeo de muros.	119
Figura 181 : Tiempo No Contributorio en la partida de tarrajeo de muros.	120
Figura 182 Modelo Tradicional de Transformación.....	121
Figura 183 Modelo de Flujos Lean.....	121
Figura 184 Comparativo de la Partida de Acero Losa.....	122
Figura 185 Comparativo de la Partida de Acero Vigas	123
Figura 186 Comparativo de la Partida de Acero Columnas	124
Figura 187 Comparativo de la Partida de Encofrado Columnas	125
Figura 188 Comparativo de la Partida de Encofrado Vigas	126
Figura 189 Comparativo de la Partida de Encofrado Losa.....	127
Figura 190 Comparativo de la Partida de Asentado Muros de Ladrillo.....	128
Figura 191 Resuemtn de las Partidas con la Implementación Lean	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los tipos de trabajo en la partida de Encofrado Muros de Sótano	12
Tabla 2 Clasificación de los tipos de trabajo en la partida de Encofrado.....	16
Tabla 3 Clasificación de los tipos de trabajo en la partida de Habilitado y armado de acero.....	41
Tabla 4 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de Habilitado y armado de acero losa.	95
Tabla 5 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de Habilitado y armado de acero vigas.	96
Tabla 6 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de Habilitado y armado de acero columnas.	98
Tabla 7 Cuadro Resumen en la Partida de encofrado columnas.	100
Tabla 8 Cuadro Resumen en la Partida de encofrado vigas.	101
Tabla 9 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de encofrado losa.	103
Tabla 10 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de asentado muros de ladrillo.....	105
Tabla 11 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Acero Losa.....	106
Tabla 12 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Acero Vigas	108
Tabla 13 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Acero Columnas	109
Tabla 14 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Encofrado Columnas	111
Tabla 15 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Encofrado Vigas	112
Tabla 16 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Encofrado Losa.....	113
Tabla 17 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida Asentado Muros de Ladrillo.....	115
Tabla 18 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida Tarrajeo de Losa.....	117
Tabla 19 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida Tarrajeo de Muros	119
Tabla 20 Comparativo de la Partida de Acero Losa	122
Tabla 21 Comparativo de la Partida de Acero Vigas	123
Tabla 22 Comparativo de la Partida de Acero Columnas	123
Tabla 23 Comparativo de la Partida de Encofrado Columnas.....	124
Tabla 24 Comparativo de la Partida de Encofrado Vigas	125
Tabla 25 Comparativo de la Partida de Encofrado Losa	126
Tabla 26 Comparativo de la Partida de Asentado Muros de Ladrillo	127

RESUMEN

La presente tesis tiene como finalidad mejorar la productividad en los diferentes procesos de construcción de una edificación multifamiliar, mediante la aplicación de la herramienta Cartas Balance bajo un enfoque Lean Construction, con la cual realizando una medición continua se identificarán los tiempos productivos, contributorios y no contributorios en cada partida analizada, realizando con esto las propuestas de mejoras correspondientes a cada proceso. Al finalizar la implementación de la herramienta Cartas Balance, se podrá comparar la forma tradicional de construir con la implementación de la filosofía Lean Construction, viendo los beneficios que trae consigo ésta.

PALABRAS CLAVE: Cartas Balance, Lean Construction, Productividad, trabajo contributorio, trabajo no contributorio, trabajo productivo.

ABSTRACT

His present thesis Project has as its purpose to improve productivity the construction item of a multi-family building, by applying the tool Card Balance under a Lean Construction approach, with which a continuous measurement will identify the contributory and non-contributory times in each item analyzed, making with the proposals of improvements corresponding to each process. After the implementation of the Card Balance tool, you can compare the traditional way of building with the implementation of the philosophy Lean Construction, seeing the benefits that this brings.

KEYWORDS: Card Balance, *Lean Construction*, productivity, contributory work, non-contributory work, productive work.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el sector construcción representa un porcentaje importante del PBI, sin embargo, este sector tiene por característica principal su atraso y por tener índices de calidad y productividad deficientes, como consecuencia de esto vemos el elevado nivel de desperdicio de recursos de todo tipo (humanos, energéticos, materiales, financieros) que genera el sector construcción; así mismo la gran parte de empresas aplica un sistema de construcción tradicional con procedimientos constructivos ineficientes, lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad.

Según Ghio [5], en el Perú solo producimos efectivamente el 28% de tiempo. De no mejorar los niveles de ocupación del tiempo y mantenernos en niveles productivos tan bajos, nuestro país no podrá despegar de su condición de nación subdesarrollada, no importa que tan bueno sea el gobierno que nos toque, debemos convencernos de que la mayor parte del cambio está en nuestras manos.

José Luis Vitteri [12] señala en Costos Perú el 5 de Octubre de 2016, que en la búsqueda por mejorar estándares de productividad y reducir costos se han aplicado métodos y fórmulas que han analizado separadamente cada uno de los procesos de construcción.

Conociendo la situación actual de la construcción en el Perú y reconociendo que hay un bajo nivel de productividad en el sector construcción, es necesario cambiar esta realidad, es por esto que en el año 2011 se crea el Capítulo Peruano Lean Construction Institute, con la finalidad de elevar el nivel de profesionalismo y eficiencia del sector construcción en el país.

Ante esta problemática, se ve necesario analizar a detalle los niveles reales de productividad en las construcciones de la ciudad de Chiclayo, logrando así identificar las diferentes causas por las que los niveles de productividad vienen siendo bajos, y con esto realizar propuestas de mejoras. En la presente tesis se ha aplicado la herramienta Cartas Balance, las cuales tienen un enfoque Lean Construction, filosofía que se viene aplicando en construcciones de otras ciudades de nuestro país como Lima, y en otros países, como Chile, Colombia, España, entre otros; teniendo los resultados esperados sobre la mejora en la productividad de la obra, ahorro de tiempo, de materiales, y una mejor planificación en obra.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

Entre los diversos estudios y bibliografía relacionada con el tema:

“Mejora de la productividad por medio de la herramienta Cartas Balance en un Edificio Multifamiliar en la Ciudad y Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque”

Encontramos lo siguiente:

Vilca Uzategui, Mariano Paulo. Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar. Tesis pregrado, Lima: PUCP, 2014.

El enfoque de este trabajo está en mejorar la productividad en las tres actividades más representativas de la arquitectura de un proyecto. Se analizó cada una de estas actividades puntuales mediante las Cartas de Balance o Cartas de equilibrio de cuadrilla para encontrar la manera más óptima de ejecutar cada una de estas tres actividades puntuales.

Mediante las Cartas de balance se puede describir formalmente el proceso de una operación en la construcción, de una manera detallada; además permite comentar el método usado para verificar si es el más adecuado o se debería cambiar por otro, se puede determinar la cantidad de obreros más adecuada para cada cuadrilla, así como obtener importante información para un análisis de los rendimientos de cada trabajador. Es mediante esta herramienta que se hizo el diagnóstico inicial de la forma de trabajo de las partidas seleccionadas para proponer las mejoras correspondientes que garanticen un mejor performance de cada una de las actividades estudiadas y que repercutan en la ejecución de todo el proyecto.

Sánchez Cusihuaman, Alex Shander, y Danny Daniel Rosa Cruz. Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas. Tesis Doctoral, Lima: UPC, 2014.

El objetivo principal de esta tesis fue mejorar la productividad en la ejecución de los trabajos en la parte de estructuras en la edificación de viviendas implementando el

sistema de Lean Construction, tomando como referencia a una obra típica en la ciudad de Cusco de la empresa “Ingenius Construcciones S.R.L.”

Se planteó un plan de gestión de producción utilizando las herramientas del sistema de gestión de producción LEAN CONSTRUCTION.

Para tal fin, se inició la investigación realizando un diagnóstico de la situación actual de la Obra denominada “Residencial Calicanto” en inicios de ejecución, para definir la cantidad de tiempo ocupado en actividades productivas, contributorias y no contributorias, utilizando la herramienta del sistema de gestión de producción

Chávez Espinoza, Jhonny Rómulo, y Christian Antonio De la Cruz Aquije. Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una Obra de Edificación. Tesis de pregrado, Lima: USMP, 2014.

La presente tesis tuvo por objetivo demostrar los beneficios que se consiguen al aplicar conceptos y métodos de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación, optimizando la productividad, el costo y cumplimiento de la programación en la ejecución de las partidas desarrolladas por personal propio de la empresa.

Bracamonte Correa, Luis Eduardo. Aplicación de Herramientas Lean Construction para optimizar los costos y tiempos en la ampliación del Colegio Markham. Informe de Suficiencia, Lima: UNI, 2015.

El objetivo principal del presente Informe de Suficiencia fue mostrar cómo se maneja la producción en la construcción de la Ampliación del Colegio Markham, ubicado en Miraflores, aplicando algunos conceptos de la filosofía Lean Construction.

Mediante cartas balance se propone soluciones claras y directas para el aumento de la productividad de dicha obra. Es importante mencionar que la filosofía Lean abarca todo el universo del proyecto, desde la definición del proyecto, hasta su uso. El presente informe sólo se enfocó en los procesos de mayor incidencia dentro de esta etapa del proyecto, la etapa de construcción (lo que Lean llama ensamblaje sin pérdidas) y sobretodo haciendo uso de básicamente cartas balance para poder tomar decisiones de mejora y tener resultados favorables sobre la disminución de desperdicios y tiempos no productivos logrando el aumento de la productividad.

Tagle Lostaunau, Américo Obdulio, José Renato Paredes Arce, y Alberto Domingo Iberico Cedrón. Sistema de mejoramiento de la productividad en el casco estructural de la obra: “Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte”. Tesis doctoral, Lima: UPC, 2014.

La presente tesis tuvo como propósito mejorar la productividad en el casco estructural de la obra “Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte” a partir de implementar una serie de herramientas de identificación de pérdidas y técnicas que permitan la reducción de las mismas.

Obtenido el nivel de productividad en base a la evaluación realizada empleando herramientas como “nivel general de actividades” y “carta balance” se continuó con elevar el nivel de la misma en base al planteamiento de mejoras del nivel de productividad, desarrollando dos aspectos: Implementar una planificación de corto plazo e identificando las pérdidas más frecuentes como también las fuentes que las generan.

2.2 Bases Teórico Científicas:

Las bases teórico - científicas utilizadas para este proyecto son las siguientes:

Alfredo, Serpell B. «Administración de Operaciones de Construcción» Alfaomega, 2003.

Este libro parte de la realidad profesional para presentar el camino y las herramientas que todo administrador de operaciones de la construcción debe conocer y manejar para enfrentar los retos actuales y futuros en esta importante industria, ya que la industria de la construcción significa una actividad de enorme importancia en la economía de cualquier país, sin embargo, en los últimos años y sobre todo en países en vías de desarrollo, ha tenido un proceso lento que no ha logrado aprovechar el desarrollo tecnológico, además de una serie de deficiencias que han resultado en un gasto excesivo de los recursos utilizados; problemas directa e indirectamente originados en la administración y operación de construcciones.

Alfredo, Serpell B. «Análisis de operaciones mediante cartas de balance.» Ingeniería y Construcción, 2000.

En este artículo se muestra la técnica de Cartas de Balance, para el análisis de operaciones de construcción. Primero, se definen los objetivos que pretende abordar

esta técnica de análisis, para luego describir el proceso de estudio de las cuadrillas junto a algunos ejemplos prácticos. Además, se discuten conclusiones prácticas obtenidas durante su aplicación en terreno.

CAPECO. Costos y Presupuestos en edificaciones. Lima: Capeco, 2003.

La finalidad primordial de este libro es permitir obtener a los profesionales, estudiantes y personas interesadas que lo utilicen, los conocimientos fundamentales y necesarios para poder elaborar un Presupuesto de Obra empleando criterios técnicos para la formulación del mismo en obras de Edificación

Centro de Excelencia en Gestión de la Producción. Lean Construction: Manual práctico de herramientas de mejoramiento de construcción. Chile: GEPUC, 2010.

El Manual, “Lean Construction: Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción”. Ha sido desarrollado como una herramienta práctica que sistematiza el proceso de mejora continua y gestión del conocimiento en las organizaciones, promoviendo un trabajo colaborativo entre los participantes de partidas que contribuyan a la eficiencia global del proyecto. Este manual entrega información precisa y simple, con el fin de llegar a un gran número de interesados en las temáticas Lean.

Ghio Castillo, Virgilio. Productividad en Obras de Construcción. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2001.

Este libro expone la situación actual y los niveles productivos de las empresas constructoras en el Perú hacia finales de los 90’s e inicios del nuevo milenio, así como una fuente crítica a nuestro sistema. Además, se presentan propuesta concretas y de aplicación ya demostrada para iniciar el proceso de cambio y mejoramiento de la productividad y eficiencia que tanto nuestra industria como nuestro país necesitan profundamente.

Loría Arcila, José Humberto. Programación de Obras con la técnica Línea de Balance. México: AI, 2007.

En este libro se presentan los conceptos básicos en que se fundamenta la técnica de programación denominada Línea de Balance, ejemplos de aplicación de la misma,

ventajas y desventajas respecto al CPM y un par de propuestas de automatización de esta técnica con el apoyo de la informática.

Norma E-060: Concreto Armado. Reglamento Nacional de Edificaciones. Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, pre esforzado y simple.

2.3 Conceptos Básicos:

2.3.1. Productividad:

Según Serpell [9], la productividad puede definirse en forma más explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muros de albañilería en una obra, utilizando muy eficientemente los recursos de mano de obra, si estos muros resultan con serios problemas de calidad, hasta el punto que deben demolerse posteriormente para rehacerlos.

Así también productividad puede expresarse como:

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

Según estudios sobre la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción se consideró que los trabajadores pueden realizar 3 tipos de actividades:

2.3.2. Trabajo Productivo (TP):

Es el tiempo que abarcan las actividades que aportan en forma directa a la producción u objetivo de la partida analizada. Ejemplo: Tarrajeo de muros, Vaciado de concreto, asentado de ladrillos.

2.3.3. Trabajo Contributorio (TC):

Es el tiempo que abarcan las actividades de apoyo, o aquellos procesos que son necesarios para que se pueda ejecutar el trabajo productivo. Este TC se debe minimizar al máximo posible con el fin de incrementar los TP. Ejemplo: Mezclado de materiales, lectura de planos, dar indicaciones, transporte de materiales

2.3.4. Trabajo No Contributorio (TNC):

Es el tiempo que abarca cualquier otra actividad realizada por los integrantes de cada cuadrilla y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo que se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo. Ejemplo: Esperas, descansos, trabajos rehechos.

2.3.5. Cartas Balance:

La carta balance es también llamada carta de equilibrio de cuadrilla, la cual es definida por Serpell como un gráfico que mide el tiempo en minutos en función a los recursos que participan en la actividad estudiada. Estas mediciones nos ayudarán a tener clara la secuencia constructiva empleada para poder optimizar el proceso que se está analizando.

Las cartas de balance permiten resolver la necesidad de describir formalmente el proceso de una operación de construcción, de una manera detallada, además, permiten comentar el método usado y determinar la cantidad de obreros más adecuada para cada cuadrilla. También con la utilización de esta herramienta, se consigue importante información para un análisis de rendimientos.

En una carta balance se selecciona un grupo de obreros, se toma un intervalo de tiempo (cada uno o dos minutos) y para cada intervalo se verifica el Tipo de Trabajo que está realizando cada obrero en su partida. Estas actividades son divididas en los tres Tipos de Trabajo TP, TC y TNC.

Serpell indica que el objetivo de esta herramienta es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, de modo que no se pretende conseguir que los obreros trabajen más duro, sino en forma más inteligente. Las vías para mejorar la eficiencia del grupo de trabajo que materializa las actividades de interés son la reasignación de tareas entre sus miembros y/o la modificación del tamaño del grupo que conforma la cuadrilla.

2.3.6. Lean Construction:

Es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción. Como su nombre nos idce, esta es una teoría que se ha desarrollado sobre la base de los descubrimientos de la producción sin pérdidas.

Esta filosofía como su nombre mismo lo dice pone su enfoque en las perdidas y en la reducción de las mismas.

2.3.7. Modelo de Conversión de Procesos:

El modelo de conversión consiste en la transformación de la “materia prima” en un producto terminado sin considerar los flujos existentes en este proceso de conversión. Es la forma tradicional de representar las actividades dentro de la construcción.

2.3.8. Modelo de Flujos de Procesos:

Según Ghio [5], el modelo de flujo de procesos ve el trabajo como un flujo de información y/o materiales desde la materia prima hasta el final del producto terminado, compuesto por la conversión propiamente dicha pero también toma en cuenta las esperas, el transporte y las inspecciones. El proceso de conversión representa el aspecto de conversión de la producción, pero los transportes, las esperas y las inspecciones representan el flujo de la producción.

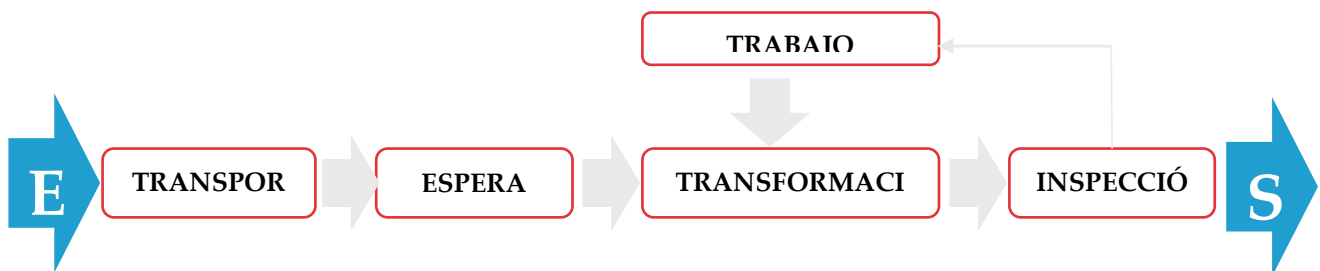


Figura 1 Modelo de Flujo de Procesos

Fuente: *Productividad en obras de construcción: Diagnostico, crítica y propuesta.*

2.3.9. Planificación maestra:

La Planificación Maestra es similar a la Planificación general de obra que se realiza con la metodología tradicional de construcción, de acuerdo a la experiencia de muchos la metodología tradicional suele desviarse del planteamiento original la primera semana de trabajo; es por esto que no queda otra opción que volver a planificar la obra totalmnte o regularmente, o abandonar el esfuerzo de planificación; la diferencia entre esta y la Planificación Maestra, es que esta presenta una planificación por hitos, en los cuales no se entra en tanto detalle para saber qué haremos cada día sino que se pone hitos (fechas límites) que se tienen que cumplir. Para lograr dicho objetivo propone otras herramientas de planificación más detallada.

2.3.10. Look Ahead Planning:

O planificaciones semanales, o planificación anticipada de recursos, se define como una planificación de 3-5 semanas de anticipación con respecto del trabajo que se conduce en ese momento en obra.

Podemos calificar a la teoría de planificación Look Ahead Planning como una planificación de jerarquía media (digamos entre la planificación maestra de obra y la planificación operacional semanal) dedicada a controlar la asignación de trabajo y los recursos.

El LAP está diseñado para prever con una adecuada anticipación los requerimientos de materiales, mano de obra, equipos, financiamiento e información.

2.3.11. Porcentaje de planificación completa (PPC):

El PPC es una herramienta que ayuda al control de la producción; el cual evalúa la planificación, a diferencia de las herramientas anteriores, esta se realiza en un momento posterior a la ejecución.

Esta herramienta es calculada dividiendo el número de actividades completadas entre el número total de actividades planeadas, expresado como porcentaje. Luego de la ejecución de las actividades en campo, se genera un registro en el cual se indica que actividades planificadas no han sido cumplidas, definiendo también los motivos por los cuales ha sucedido el incumplimiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño de investigación

De acuerdo al diseño de investigación es descriptiva. Requiere de una descripción y comprensión profunda de las condiciones actuales, mediante la recolección de datos.

De acuerdo al fin que se persigue es aplicada. Se sustenta en los resultados de investigaciones y a partir de ellos se aplica para obtener los objetivos planteados.

3.2 Metodología

3.2.1. Metodología: Cartas Balance

La aplicación de la herramienta Cartas Balance tiene como finalidad la identificación y reducción de los tiempos No Contributorios y el aumento de los tiempos Contributorios

y como consecuencia los Tiempos Productivos, para lo cual Serpell [9] propuso la siguiente metodología:

- i. Revisar el proceso constructivo seleccionado y buscar otro método que permita cuestionar comparativamente su conveniencia.
- ii. Cuantificar previamente un grado de utilización eficiente de los recursos de mano de obra para el proceso seleccionado.
- iii. Analizar con más detalle el diagrama de proceso de los recursos, en especial en actividades que se desarrollan en espacios extensos.
- iv. Muestrear la operación y determinar las condiciones reales de trabajo de los recursos. Conviene realizar no menos de 3 muestreos, y en días distintos.
- v. Procesar la información, concluir y discutir resultados. Determinar mejoras necesarias y describir en una carta de balance ideal el procedimiento propuesto.

Cabe recalcar el punto 3. El diagrama de procesos no es más que una representación gráfica de las actividades que realizan los trabajadores en los procesos de transformación. Es importante, ya que representa las actividades que generan valor y las que no, ayudando así a reconocerlas cuando se hagan las mediciones.

Además de esta secuencia, la empresa Graña y Montero ha difundido algunas recomendaciones a la hora de emplear esta herramienta:

- i. Observar y entender las actividades que se van a muestrear.
- ii. Identificar y diferenciar a cada uno de los integrantes de la cuadrilla.
- iii. La frecuencia aconsejada de muestreo es de un minuto. Se realizarán al menos 30 medidas.
- iv. Para facilitar el proceso, la cuadrilla a observar no debe tener más de 10 integrantes.
- v. Es importante anotar lo que se ve, tal como herramientas utilizadas, materiales, causas de demoras, etc.
- vi. Procesar la información de lo que pasa mientras se realiza la medición y otros datos necesarios para optimizar la cuadrilla

Los pasos a seguir para el empleo de la herramienta Cartas Balance es el siguiente:

- i. Antes de iniciar al registro de datos, se debe identificar los diferentes tipos de trabajo que vamos a visualizar (TP, TC y TNC), y definirlos para la partida que se va a analizar, además asignar a cada uno, una leyenda (letra, número, o símbolo).

- ii. Realizar el registro en el formato de Carta Balance, minuto a minuto, las actividades de acuerdo a cada tipo (TP, TC, y TNC) de cada uno de los integrantes de la cuadrilla.
- iii. Procesar los datos obtenidos en el formato realizado, en el cual se analizarán los tiempos de la cuadrilla completa y de cada integrante de la cuadrilla.
- iv. Realizar las observaciones y posteriores recomendaciones para mejorar la cuadrilla de la partida analizada.

En resumen el proceso que se siguió para la optimización de las partidas analizadas se muestra en el gráfico siguiente:

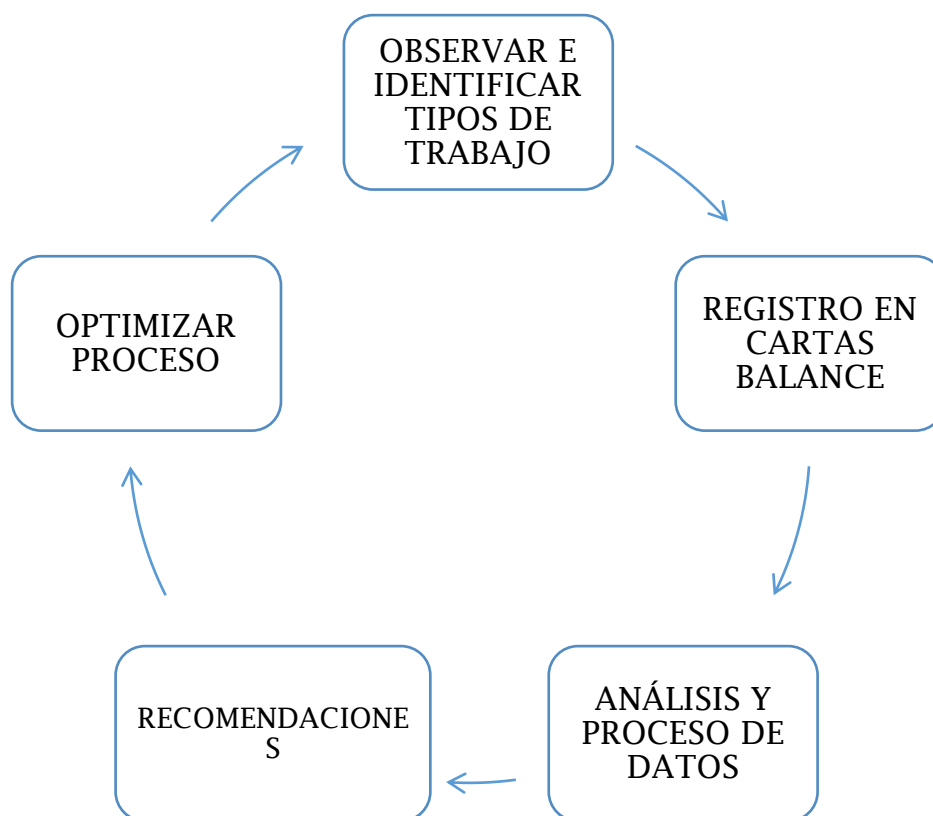


Figura 2 Metodología empleada para la optimización de las partidas analizadas.
Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.1.1. Reconocimiento e identificación de las actividades productivas, contributorias y no contributorias.

El primer paso en la aplicación de la herramienta Cartas Balance es reconocer todas las actividades que se realizan para poder llegar al objetivo meta de la partida que se analiza, seguido a esto se agrupan las actividades respecto al empleo de tiempos, actividades productivas, contributorias y no contributorias. Es de vital importancia tomar atención a toda actividad que se realice en el proceso, ya que esta información es necesaria

posteriormente para poder hacer un flujo detallado del proceso, además de tener a detalle el tiempo que emplea cada integrante de la cuadrilla analizada a desarrollar cada clasificación de trabajo.

En las partidas correspondientes a encofrado, se identificaron las siguientes actividades:

PARTIDA	TP	TC	TNC
Encofrado Muros de Sótano	Encofrado	Uso de nivel	Esperas
		Realizar mediciones	Conversar con compañeros
		Transporte de madera	SS.HH
		Corte y/o taladrado de madera	Tomar agua

Tabla 1 Clasificación de los tipos de trabajo en la partida de Encofrado Muros de Sótano

Fuente: *Elaboración Propia*

3.2.1.2. Descripción del diagrama de flujo del proceso de las partidas

El diagrama del flujo de proceso consiste en ordenar las actividades que se realizan en la partida a analizar para conocer la incidencia de cada actividad. El diagrama de flujo permite tener claro cuál es la secuencia de actividades a seguir y como se interrelaciona cada actividad con la otra. Esto permite tener un orden y una mejor distribución y coordinación de la mano de obra.

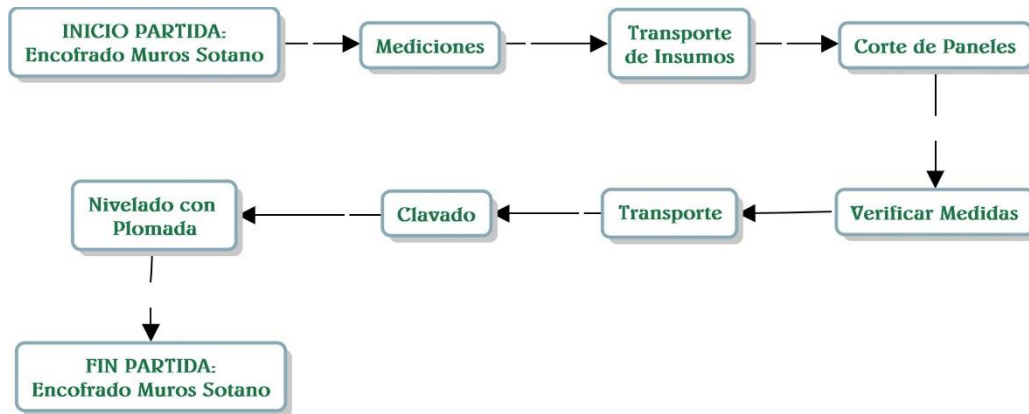


Figura 3 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado

Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.1.3 Distribución del personal utilizado

Una vez visto el diagrama de flujo del proceso de la partida analizada se debe tomar en cuenta el tamaño y organización de la cuadrilla, así como de su distribución en el frente de trabajo.

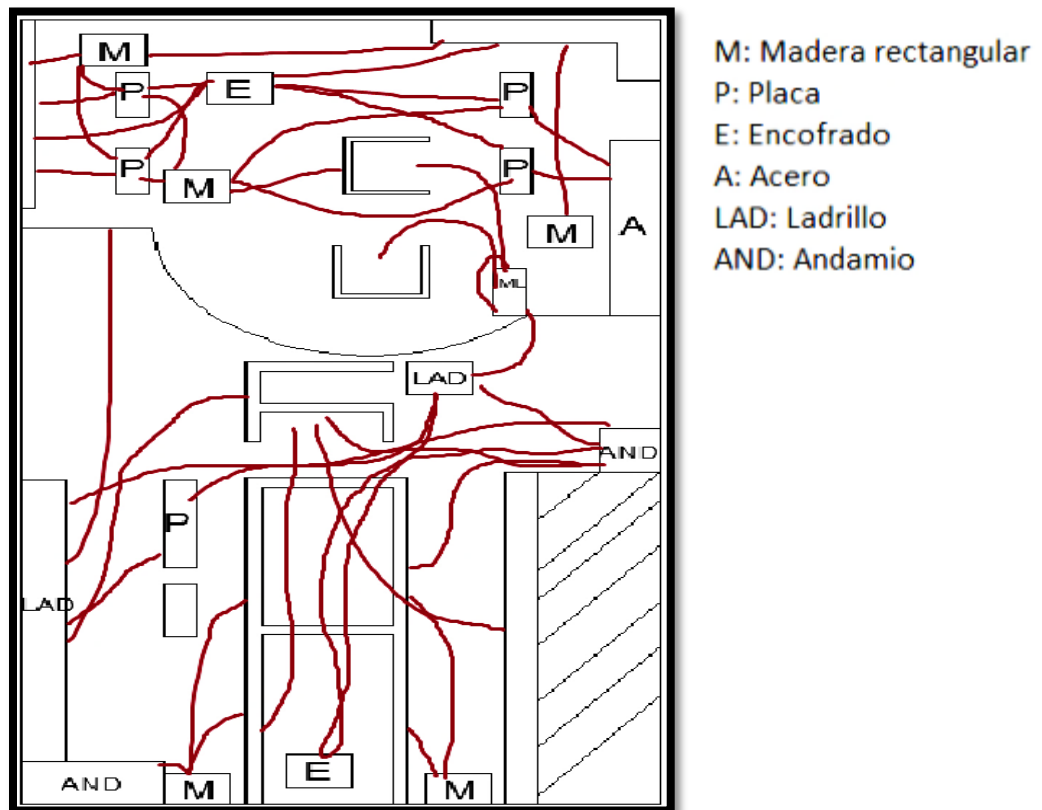


Figura 4 Diagrama Spaguetti del Proceso

Fuente: Ponencia Ing. Cesar Guzman Marquina

3.2.1.4 Formatos y herramientas utilizadas

Para poder realizar el registro de los datos minuto a minuto de cada actividad es necesario definir y/o tener un formato, en el cual se registre los integrantes de la cuadrilla analizada, así también un cuadro en el cual se identifican todas las actividades del proceso con sus respectivos códigos y/o numeración.

CARTA BALANCE - MEDICION EN CAMPO									
PROYECTO:		EDIFICIO MULTIFAMILIAR AC			FECHA:				
NOMBRE		CARGO			PARTIDA:		ASENTADO DE MUROS DE LADRILLO		
		OPERARIO	A	ELEMENTOS:					
		OFICIAL	B	HH INICIO:	10:30				
		PEON	C	HH FIN:	11:30				
		PEON	D	ELABORADO POR:	Túllume Uceda, F. Alejandro				
			E						

	A	B	C	D	E	F	G	H	min
1	1	1	7	8					1.00
2	1	1	10	8					1.00
3	1	1	7	8					1.00
4	1	1	7	8					1.00
5	5	7	7	8					1.00
6	9	7	7	8					1.00
7	5	1	7	10					1.00
8	5	1	7	10					1.00
9	9	1	8	7					1.00
10	9	1	8	7					1.00
11	9	1	8	7					1.00
12	7	5	7	7					1.00
13	7	5	7	7					1.00
14	7	1	7	7					1.00
15	7	1	8	7					1.00
16	9	1	8	7					1.00
17	9	9	8	7					1.00
18	7	9	8	7					1.00
19	6	9	8	8					1.00
20	6	9	8	8					1.00
21	9	9	8	8					1.00
22	9	9	7	8					1.00

Tiempo Productivo (TP)	
1	Asentado de muros
2	
3	
4	

Tiempo Contributorio (TC)	
5	Uso de nivel o plomo
6	Realizar mediciones
7	Mezclado de materiales
8	Transporte de mezcla o materiales

Tiempo NO Contributorio (TNC)	
9	Esperas
10	Conversar con compañeros
11	SS.HH
12	Tomar agua

Figura 5 Formato de Cartas Balance

Fuente: Elaboración Propia

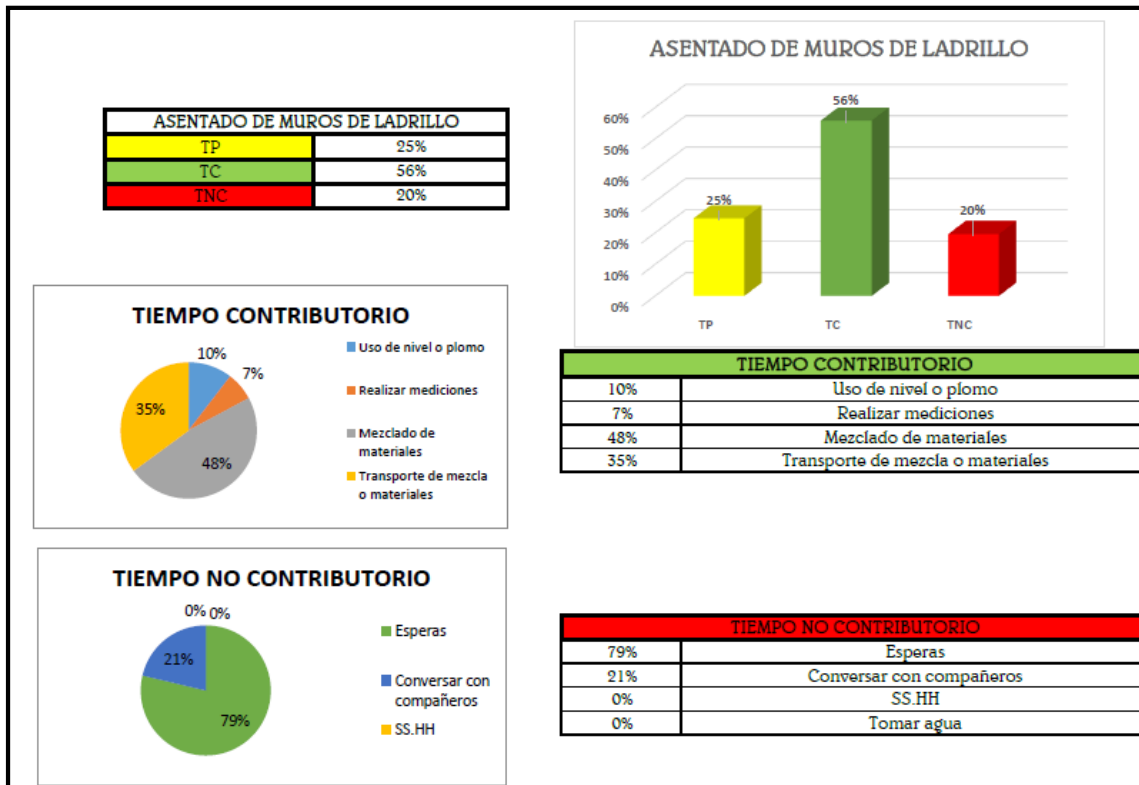


Figura 6 Formato Cartas Balance - Cuadros Resumen

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.5 Evaluación: Toma de datos

La herramienta Cartas Balance consiste en registrar en el formato antes descrito la forma en como emplea el tiempo cada integrante de la cuadrilla analizada durante 30 minutos como mínimo. Posterior a esto se evaluarán los resultados y se plantearán posibles mejoras, esperándose con esto una optimización del proceso de la partida analizada mediante una constante toma de mediciones y un mayor conocimiento de la distribución a detalle del tiempo en cada proceso analizado; logrando con esto una mejora continua.

En cuanto al número de mediciones necesarias de acuerdo a Serpell [9] es necesario la toma 384 mediciones para que sean estadísticamente válidas. Es decir para que sea válido el estudio se deben hacer varias y repetidas mediciones para tener resultados confiables.

IV. RESULTADOS

Aplicación de Herramienta Cartas Balance al Proyecto Elegido

4.1. Descripción del Proyecto

El proyecto en el cual se hizo la aplicación de las herramientas Lean Construction y posterior mejora en la productividad, es el edificio Multifamiliar AC, proyecto ejecutado por la constructora ARAM arquitectura & construcción. Este proyecto está ubicado en la Mz. D Lote 30 del Condominio Jockey Club, en el Distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Este edificio cuenta con 4 niveles y un semisótano. El proyecto cuenta con un tiempo estimado de ejecución de 6 meses.



Figura 7 Vista del Proyecto

Fuente: ARAM arquitectura & construcción

4.2. Aplicación de la Metodología en Obra: Cartas Balance

Encofrado

4.2.1. Desarrollo de la metodología

Reconocimiento e identificación de las actividades productivas, contributorias y no contributorias:

Para el desarrollo de cartas de balance en las partidas de Encofrado se definieron primero las actividades que abarcaban TP, las cuales son actividades en las cuales el tiempo es ocupado solo a los procesos relacionados directamente con el resultado que queremos llegar en esta partida.

Dentro de las actividades productivas del encofrado está la actividad del amarre y/o clavado de la madera en la estructura a encofrar.

Respecto de las actividades que ocupan los TC, se han considerado la toma de medidas, uso de nivel, transporte de madera y/o materiales, y el corte y/o taladrado de madera o paneles. Y por último las actividades que ocupan los TNC que son las esperas, descansos.

Todas estas actividades están indicadas en la siguiente tabla:

PARTIDA	TP	TC	TNC
Encofrado Vigas	Encofrado	Uso de nivel	Esperas
		Realizar mediciones	Conversar con compañeros
		Transporte de madera	SS.HH
		Corte y/o taladrado de madera	Tomar agua

Tabla 2 Clasificación de los tipos de trabajo en la partida de Encofrado

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Encofrado Vigas de Cimentación

4.2.2.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un digrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 08, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el único fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca el transporte de materiales

y toma de medidas, y seguido a esto, el corte del material para el posterior encofrado.

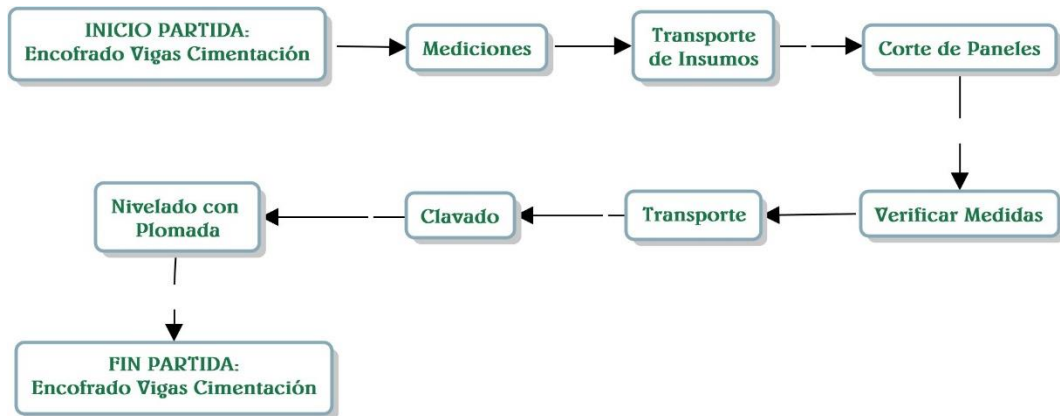


Figura 8 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Vigas de Cimentación

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de encofrado de vigas de cimentación está conformada por 2 cuadrillas de 1 Operario y 1 Oficial cada una, los cuales están encargados de realizar las mediciones de la estructura a encofrar, para un posterior corte y transporte del material a emplear.

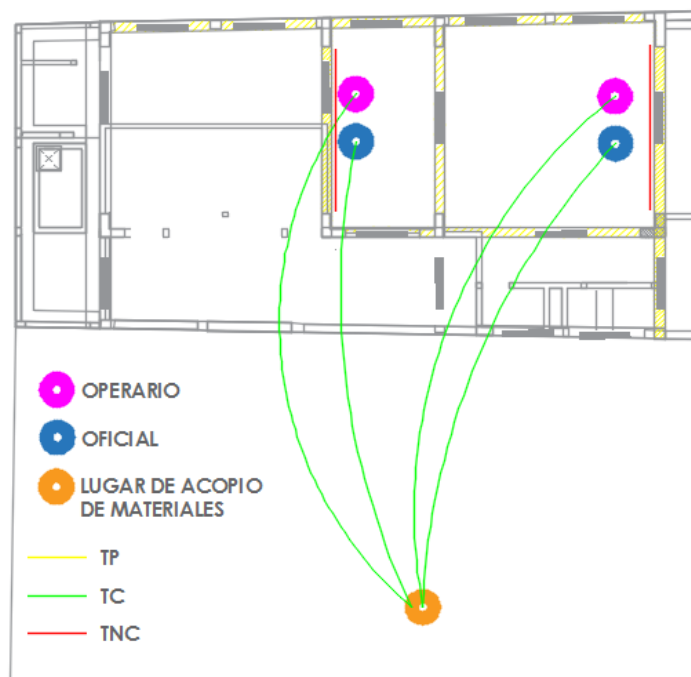


Figura 9 Diagrama Spaghuetti de la partida de Encofrado de Vigas de Cimentación

Fuente: Elaboración propia

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 29% de Trabajo Productivo, 52% de Trabajo Contributorio, y 19% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°10

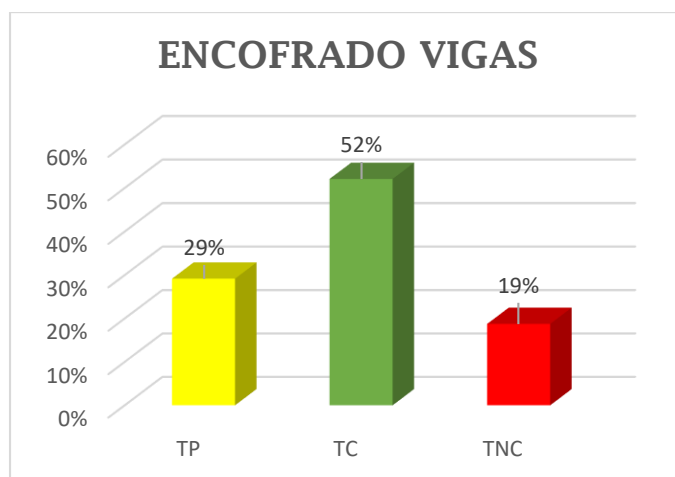


Figura 10 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Vigas
Fuente: Elaboración propia

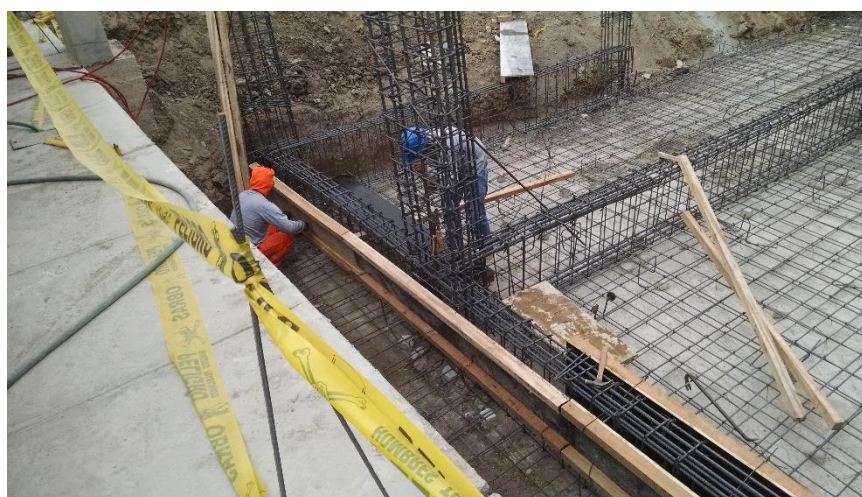


Figura 11 Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Vigas
Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 52% del tiempo total, del cual el 37% está ocupado por la toma de mediciones, 37% por el transporte de madera y/o materiales, y 26% por el corte y/o taladrado del encofrado.

Tal como se muestra en la figura N° 12.

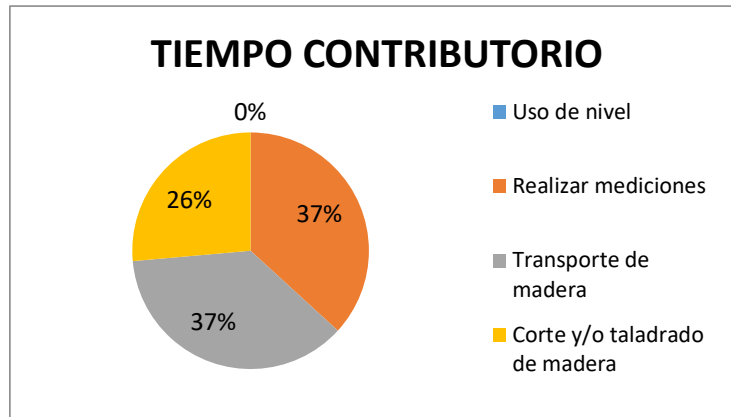


Figura 12 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Encofrado Vigas de Cimentación
Fuente: Elaboración propia



Figura 13 Trabajo Contributorio Encofrado de Vigas de Cimentación
Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 19% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.2.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de encofrado de vigas de cimentación, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 29% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorara los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

Con el fin de poder plantear mejoras en el desarrollo de actividades que conforman el flujo de procesos de la cuadrilla es importante analizar de forma detallada el trabajo contributorio y no contributorio.

Se aprecia que en el TC el tiempo para tomar mediciones abarca un gran porcentaje en conjunto con el transporte de los insumos. Es por esto que en este caso nos centraremos en estos 2 puntos.

- a. Tomar mediciones: Para tomar las medidas correspondientes al encofrado los operarios ocupan cerca del 37% del total del Tiempo Contributorio en realizar esta actividad. Esta toma de medidas es realizada tanto por el operario y oficial de la cuadrilla.
- b. Transporte de insumos: En el transporte de materiales, los operarios ocupan el 37% del total del tiempo contributorio en el encofrado de vigas. Este transporte de materiales es realizado por uno de los dos integrantes de la cuadrilla (Operario y oficial), motivo por el cual mientras uno realiza el transporte, se puede observar que el otro integrante de la cuadrilla tiene minutos de espera, representados en el porcentaje de Tiempo No Contributorio.

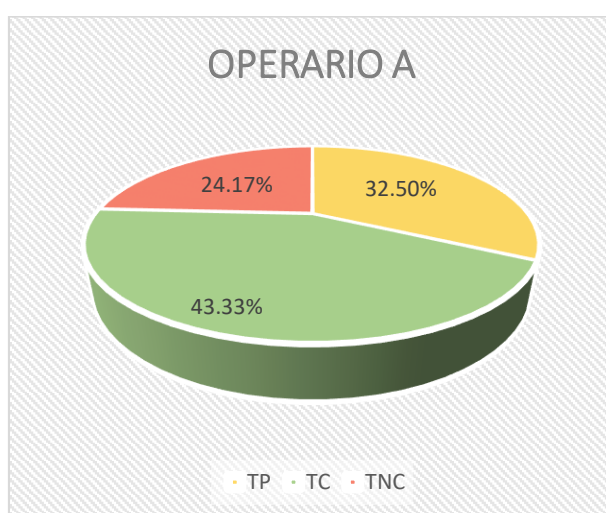


Figura 14 : Ocupación del tiempo del Operario A

Fuente: Elaboración propia

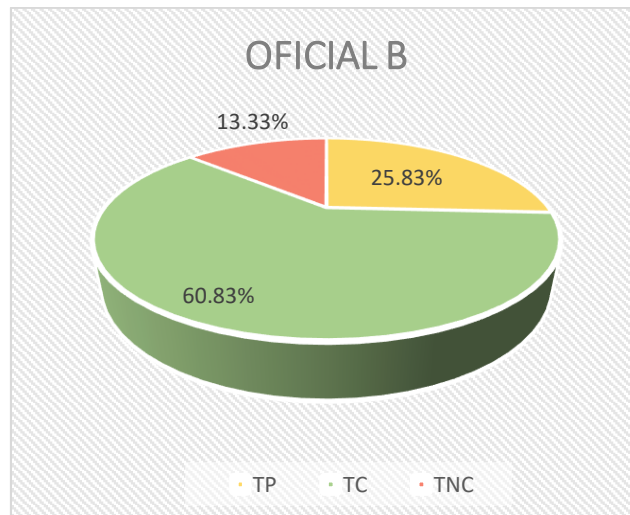


Figura 15 Ocupación del tiempo del Oficial B

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en las imágenes anteriores, ambos integrantes de la cuadrilla de encofrado, tienen un porcentaje alto de Tiempos Contributorios (43.33% y 60.83%), estos en su mayoría ocupados por el transporte de materiales.

4.2.2.3. Propuestas de mejora:

En la figura N°08 se puede ver representada la excesiva distancia que existe entre la ubicación de los materiales y el lugar de encofrado, todo esto representado en los porcentajes de Tiempos Contributorios que posee cada miembro de las cuadrillas de encofrado, siendo el 37% del tiempo total de la actividad de encofrado ocupada por el transporte de materiales.

Ante todo esto se propuso 2 opciones:

- Realizar la ubicación adecuada del lugar de acopio de materiales.
- Asignar un miembro más al total de cuadrillas de encofrado.

Con estas propuestas de mejoras se llegarían a reducir tanto los Tiempos Contributorios, representados por el tiempo que se ocupaba en recorrer la distancia entre el lugar de acopio de materiales y el lugar de encofrado, y así también se llegaría a reducir los Tiempo No Contributorios, los cuales eran representados por las esperas que generaban los miembros de la cuadrilla al esperar el transporte de los materiales necesitados para la partida que se realizaba.

4.2.3. Encofrado Muros de Contención

4.2.3.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 16, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el único fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado, se tiene todo lo que abarca el transporte de materiales y toma de medidas, y seguido a esto, el corte del material para el posterior encofrado.

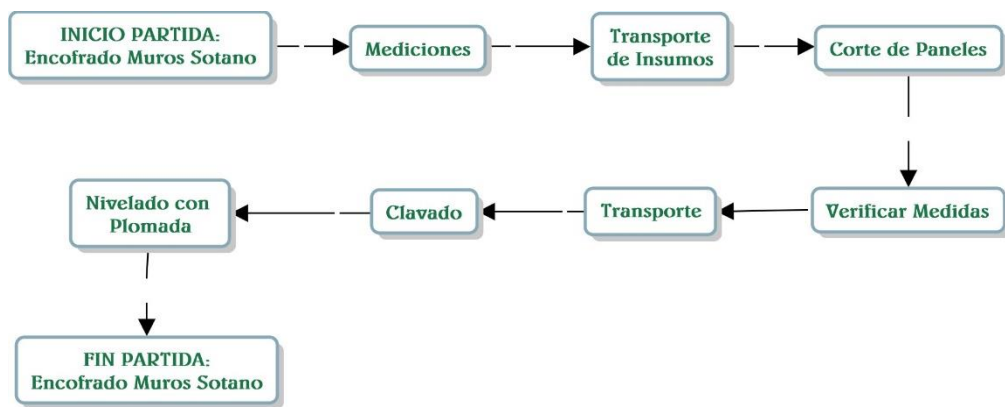


Figura 16 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Muros de Sótano
Fuente: Elaboración propia

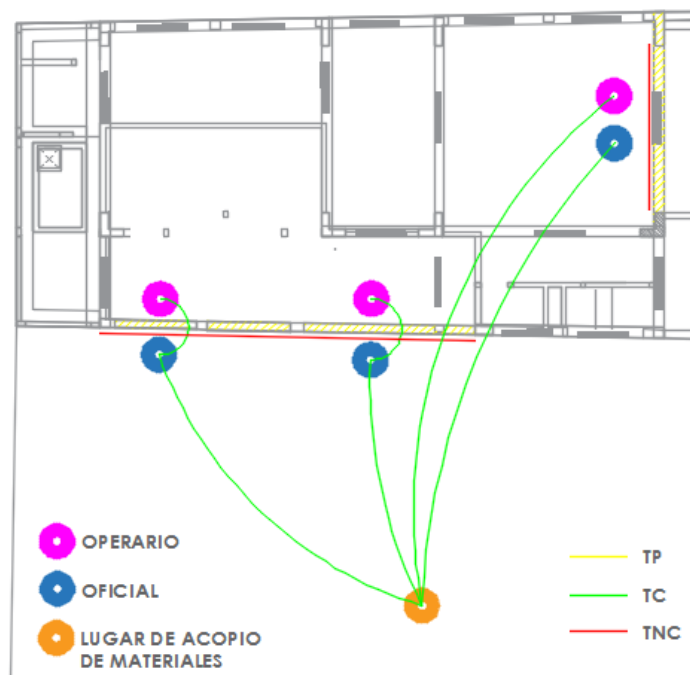


Figura 17 Diagrama spaghetti de la partida de Encofrado de Muros de Sótano
Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de encofrado de muros de sótano está conformada por 1 Operario, 1 Oficial, los cuales están encargados de realizar las mediciones de la estructura a encofrar, para un posterior corte y transporte del material a emplear, y un final encofrado.

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 46% de Trabajo Productivo, 33% de Trabajo Contributorio, y 21% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°18.

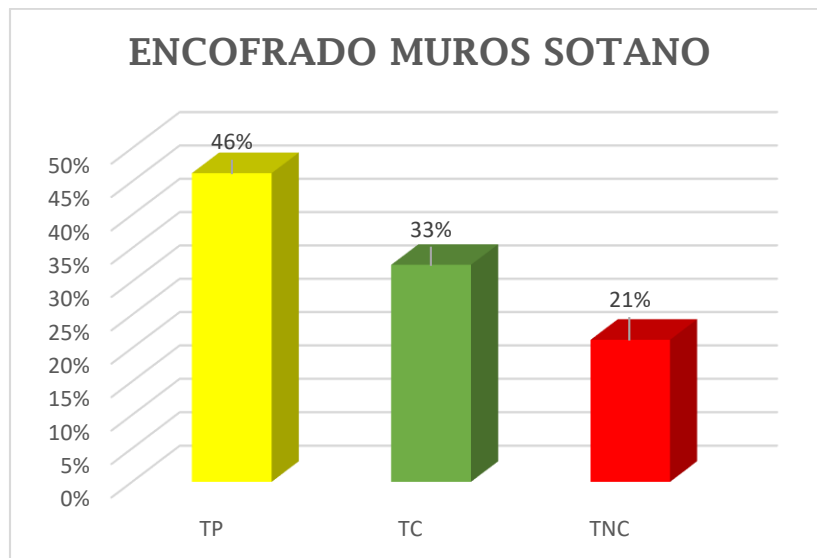


Figura 18 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Muros de Sótano
Fuente: Elaboración propia



Figura 19 Trabajo Productivo en la Partida de Encofrado Muros de Sótano
Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la figura N° 16; el trabajo Contributorio representa un 33% del tiempo total, del cual en la figura N° 18 podemos apreciar que el 28% lo abarca la toma de mediciones, el 42% por el transporte de madera y el 29% por el corte y/o taladrado del encofrado.

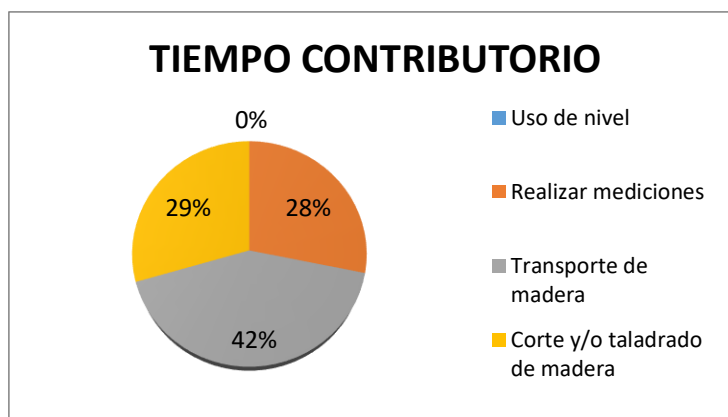


Figura 20 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado Muros de Sótano
Fuente: Elaboración propia



Figura 21 Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado Muros de Sótano
Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 21% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.3.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de encofrado de muros de sótano, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 46% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorar los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

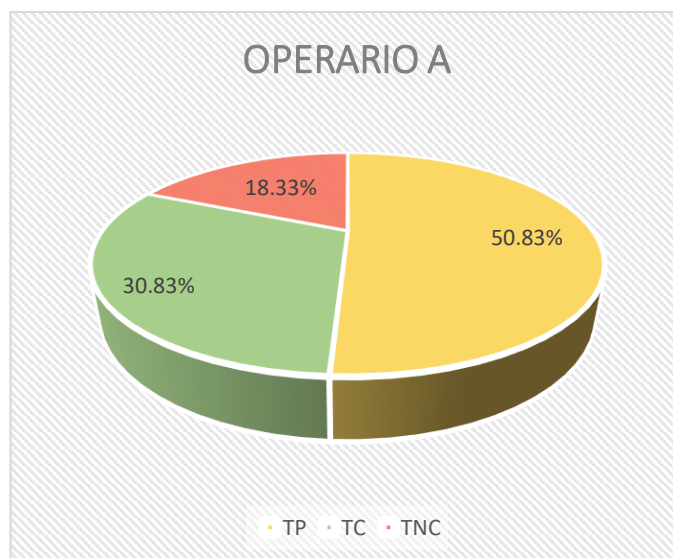


Figura 22 Ocupación del tiempo del Operario A
Fuente: Elaboración propia

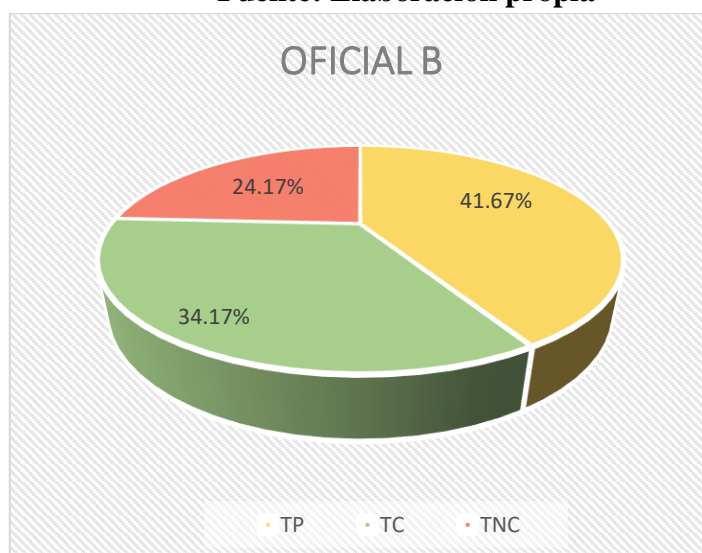


Figura 23 Ocupación del tiempo del Oficial B
Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Encofrado de Columnas

4.2.4.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado.

Como se muestra en la figura N° 22, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el único fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado, se tiene todo lo que abarca el transporte de materiales y toma de medidas, y seguido a esto, el corte del material para el posterior encofrado.

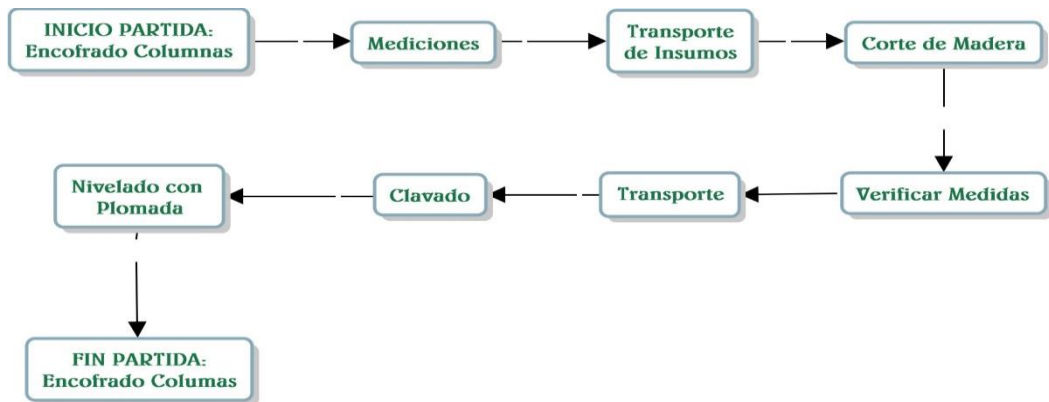


Figura 24 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Columnas.
Fuente: Elaboración propia



Figura 25 Diagrama Spaghetti de la partida de Encofrado de Columnas
Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de encofrado de columnas está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales están encargados de realizar las mediciones de la estructura a encofrar, para un posterior corte y transporte del material a emplear, y el encofrado final.

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 41% de Trabajo Productivo, 39% de Trabajo Contributorio, y 20% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°26

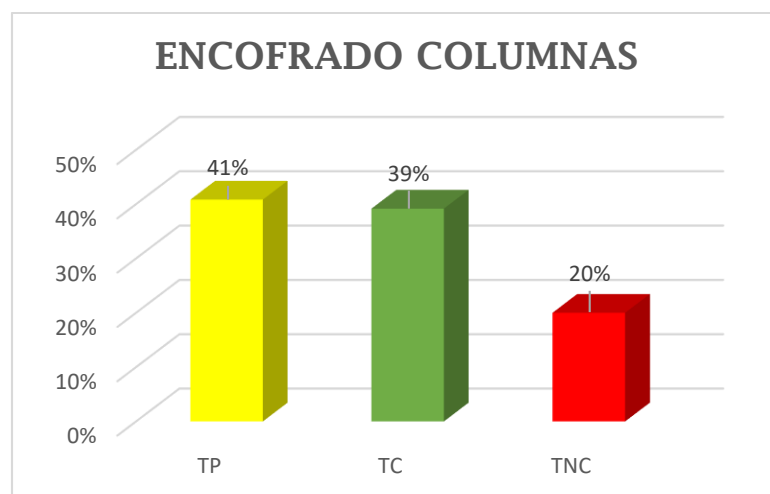


Figura 26 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Columnas
Fuente: Elaboración propia



Figura 27 Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Columnas
Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 39% del tiempo total, del cual el 43% está ocupado por el transporte de madera y/o insumos, el 27% por el corte y/o taladrado de madera, el 16% la toma de medidas, y el 15% ocupado por el uso de nivel. Tal como se muestra en la figura N°28.

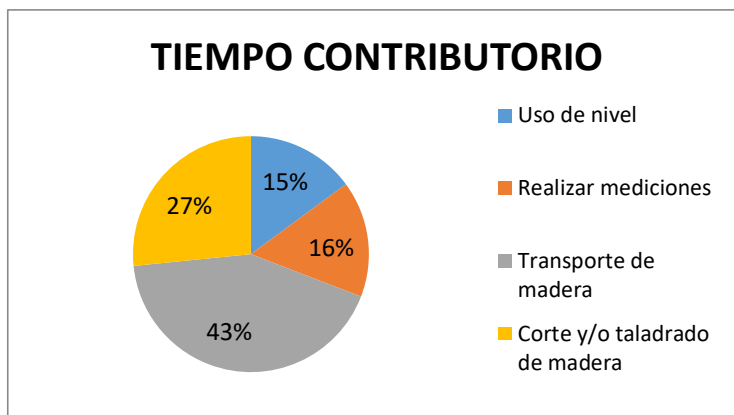


Figura 28 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Columnas

Fuente: Elaboración propia



Figura 29 Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Columnas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributivo representa el 20% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.4.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de encofrado de columnas, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 41% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorara los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

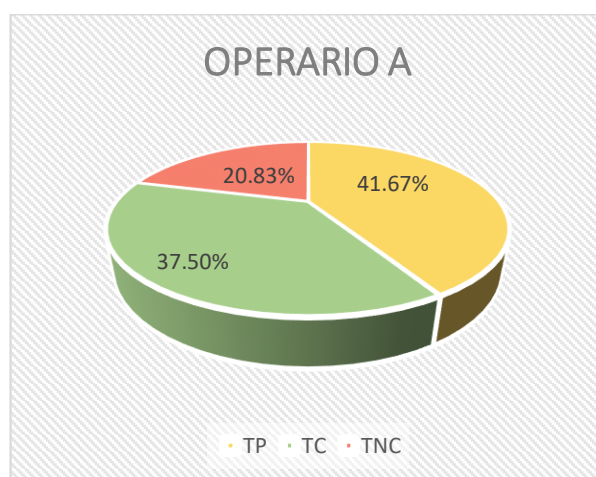


Figura 30 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida Encofrado de Columnas

Fuente: Elaboración propia

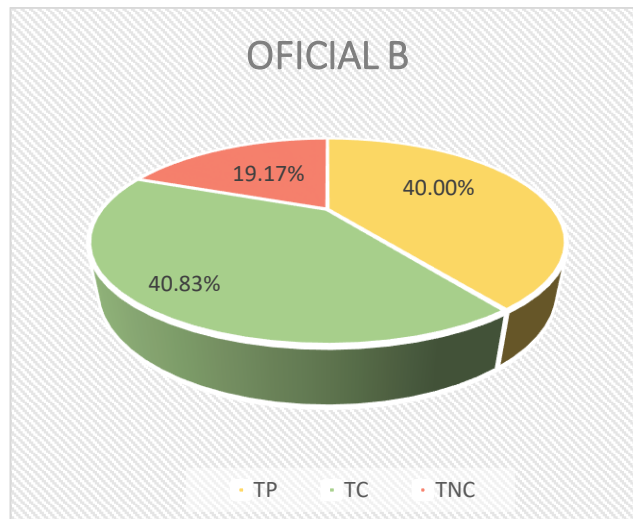


Figura 31 Ocupación del tiempo del Oficial B en la Partida Encofrado de Columnas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en las imágenes anteriores, ambos integrantes de la cuadrilla de encofrado, tienen un porcentaje alto de Tiempos Contributorios (37.50% y 40.83%), estos en su mayoría ocupados por el transporte de materiales.

4.2.4.3. Propuestas de mejoras

Ante los resultados anteriormente mostrados se observa que la cuadrilla de encofrado de columnas tiene un porcentaje de 41% del total del tiempo empleado en Trabajos Productivos, y sabiendo el diagrama de flujo correspondiente a esta partida se pudo observar que el proceso se realizaba de una manera adecuada y/o correcta, motivo por el cual se obtienen los porcentajes que se ven representados en la figura N° 23; es por esto que las mejoras van enfocada al aumentar los porcentajes de TP y TC, disminuyendo los porcentajes de TNC, para lo cual se propuso lo siguiente:

- Habiendo observado el rendimiento de la cuadrilla, se realizó la sectorización para el total de columnas correspondientes; así también se hizo el seguimiento con la implementación del cronograma macro, y del cronograma semanal, sabiendo con esto el porcentaje de cumplimiento que tuvo la cuadrilla semanalmente(PPC) y que tanto se pudieron mejorar los porcentajes de tiempo (TP, TC, TNC) ocupados por la cuadrilla correspondiente a esta partida

Así también se pudo observar que conforme se fue avanzando de nivel los integrantes de la cuadrilla fueron teniendo mayores porcentajes de trabajo contributorio ocupados por el tiempo que empleaban en el transporte de un nivel a otro de los materiales (madera), motivo por el cual se propuso lo siguiente:

- Asignar un integrante más al total de las cuadrillas de encofrado de columnas, el cual solo se encargaría del transporte de materiales, teniendo como resultado que este obrero ocupe todo el tiempo de Trabajo Contributorio que ocupaban los integrantes iniciales de la cuadrilla, y estos obtendrían mayores porcentajes de TP.

4.2.5. Encofrado de Vigas

4.2.5.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 32, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el único fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca el transporte de materiales y toma de medidas, y seguido a esto, el corte del material para el posterior encofrado.

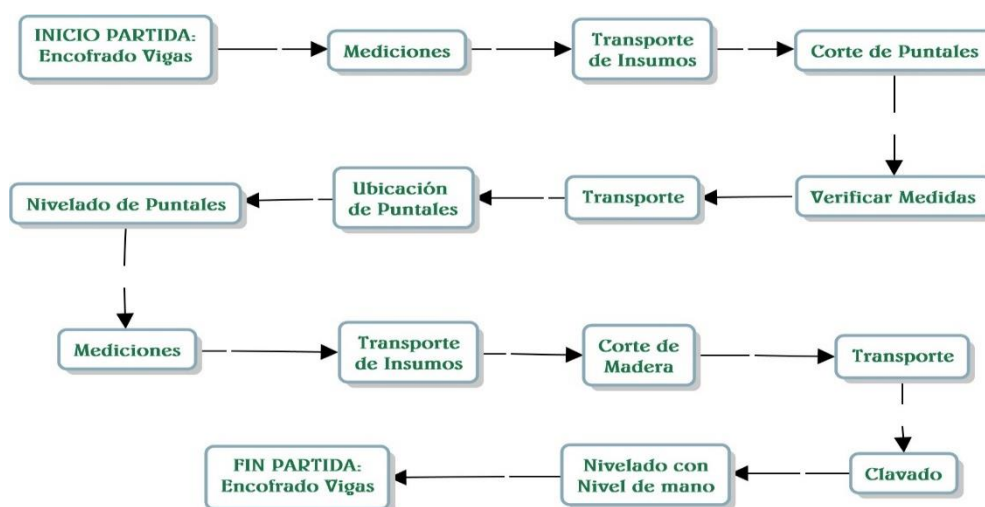


Figura 32 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Vigas.

Fuente: Elaboración propia

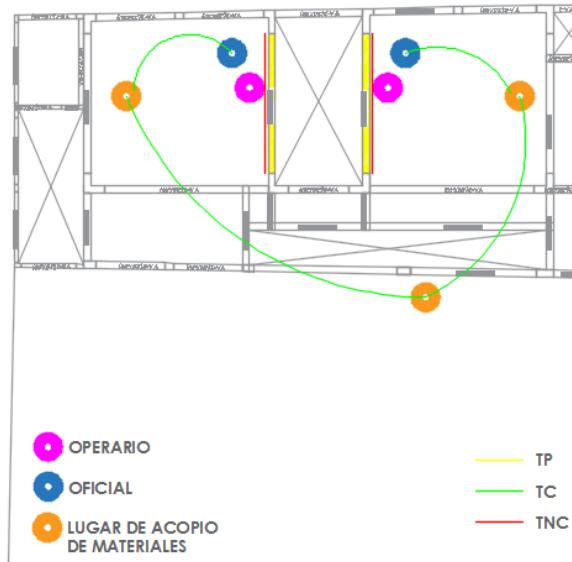


Figura 33 : Diagrama de spaghetti de la partida de Encofrado de Vigas.

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de encofrado de columnas está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales están encargados de realizar las mediciones de la estructura a encofrar, para un posterior corte y transporte del material a emplear, el encofrado y una nivelación final.

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 40% de Trabajo Productivo, 37% de Trabajo Contributorio, y 23% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°34

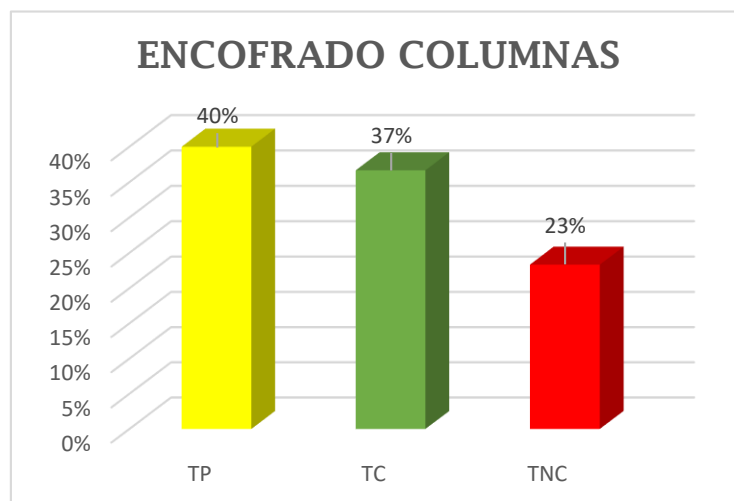


Figura 34 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Vigas.

Fuente: Elaboración propia



Figura 35 Trabajo Productivo en la Partida de Encofrado de Vigas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 37% del tiempo total, del cual el 43% está ocupado por el transporte de madera y/o insumos, 31% por el corte y/o taladrado de madera, 14% en la toma de medidas, y el 13% ocupado por el uso de nivel.

Tal como se muestra en la figura N°36:

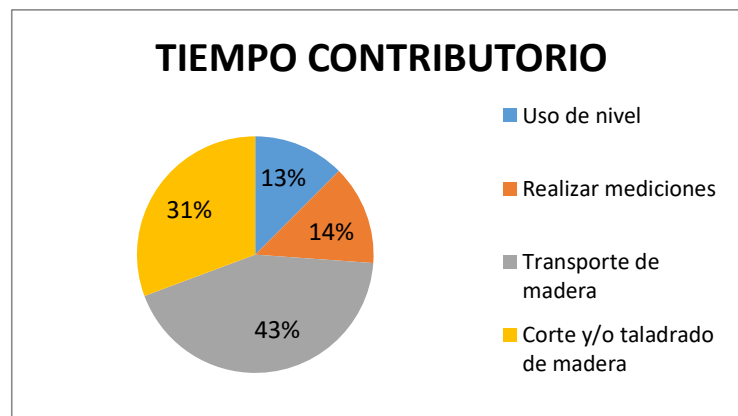


Figura 36 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de

Encofrado de Vigas

Fuente: Elaboración propia



Figura 37 Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Vigas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 23% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.5.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de encofrado de vigas, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 40% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorara los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

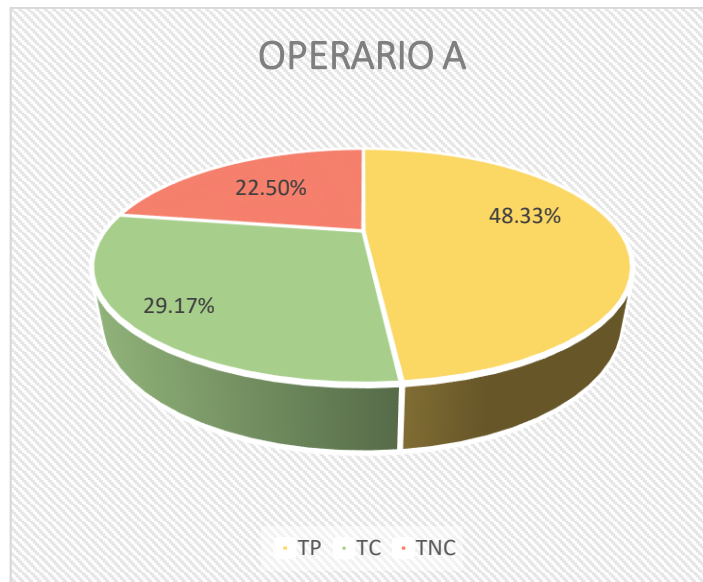


Figura 38 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida de Encofrado de Vigas

Fuente: Elaboración propia

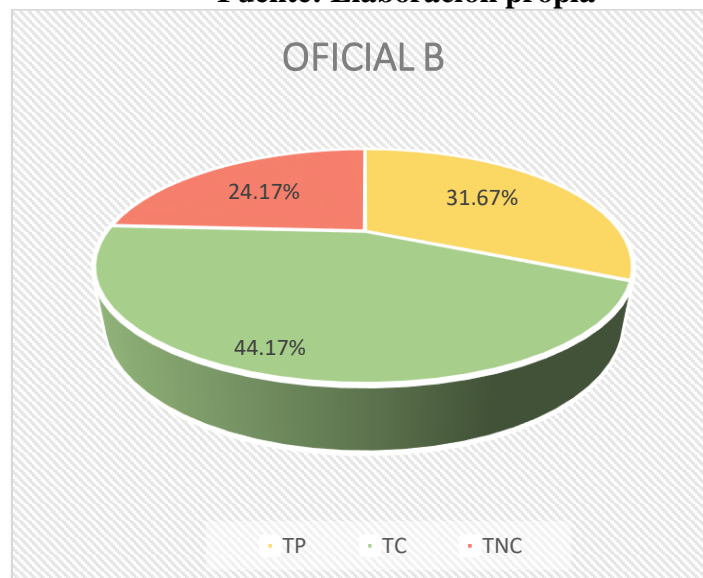


Figura 39 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida de Encofrado de Vigas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en las imágenes anteriores, ambos integrantes de la cuadrilla de encofrado, tienen un porcentaje alto de Tiempos Contributivos (29.17% y 44.17%), estos en su mayoría ocupados por el transporte de materiales.

4.3.5.3. Propuestas de mejoras

Ante los resultados anteriormente mostrados se observa que la cuadrilla de encofrado de vigas tiene un porcentaje de 40% del total del tiempo empleado en Trabajos Productivos, y sabiendo el diagrama de flujo correspondiente a esta partida se pudo observar que el proceso se realizaba de una manera adecuada y/o

correcta, motivo por el cual se obtienen los porcentajes que se ven representados en la figura N° 30; es por esto que las mejoras van enfocada al aumentar los porcentajes de TP y TC, disminuyendo los porcentajes de TNC, para lo cual se propuso lo siguiente:

- Habiendo observado el rendimiento de la cuadrilla, se realizó la sectorización para el total de vigas correspondientes; así también se hizo el seguimiento con la implementación del cronograma macro, y del cronograma semanal, sabiendo con esto el porcentaje de cumplimiento que tuvo la cuadrilla semanalmente(PPC) y que tanto se pudieron mejorar los porcentajes de tiempo (TP, TC, TNC) ocupados por la cuadrilla correspondiente a esta partida

4.2.6. Encofrado de Losa

4.2.6.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 40, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el único fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado, se tiene todo lo que abarca el transporte de materiales y toma de medidas, y seguido a esto, el corte del material para el posterior encofrado.

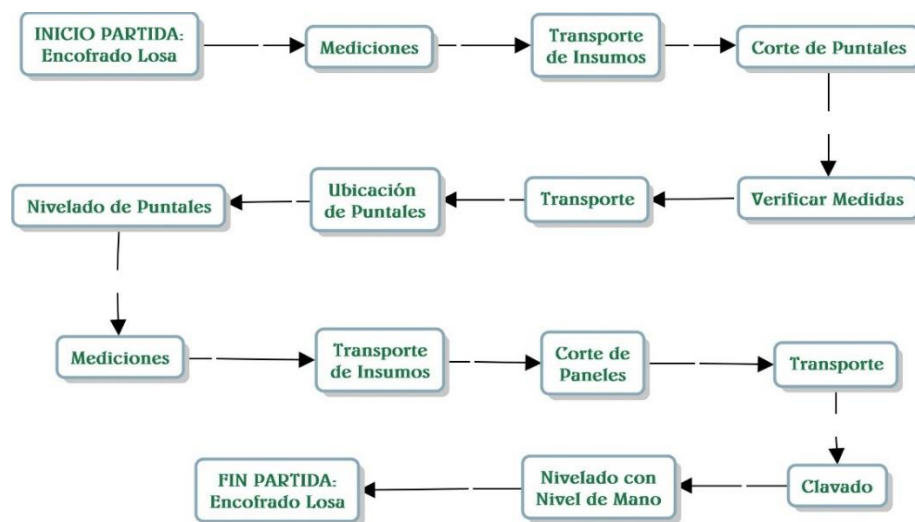


Figura 40 Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Losa.

Fuente: Elaboración propia



Figura 41 Diagrama de Spaghetti de la partida de Encofrado de Losa.
Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de encofrado de losa está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales están encargados de realizar las mediciones de la estructura a encofrar, para un posterior corte y transporte del material a emplear, el encofrado y una nivelación final.

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 39% de Trabajo Productivo, 37% de Trabajo Contributivo, y 25% de Trabajo No Contributivo, tal como se ve en la figura N°42:

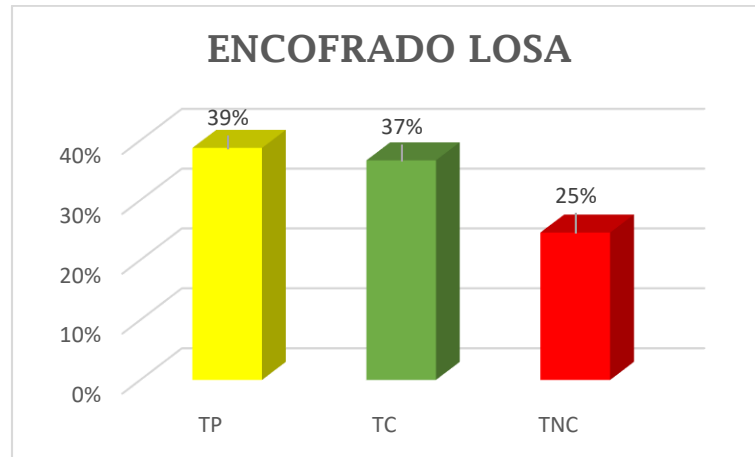


Figura 42 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de Losa.

Fuente: Elaboración propia



Figura 43 Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Losa.

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 37% del tiempo total, del cual el 55% está ocupado por el transporte de madera y/o insumos, el 19% por el uso del nivel, el 14% la toma de medidas, y el 13% ocupado por el corte y/o taladrado de madera. Tal como se muestra en la figura N°44:

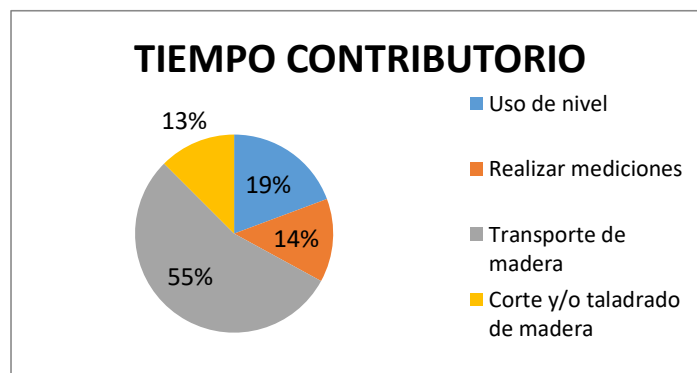


Figura 44 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Losa

Fuente: Elaboración propia



Figura 45 Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Losa
Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 25% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.6.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de encofrado de losa, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 39% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorara los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

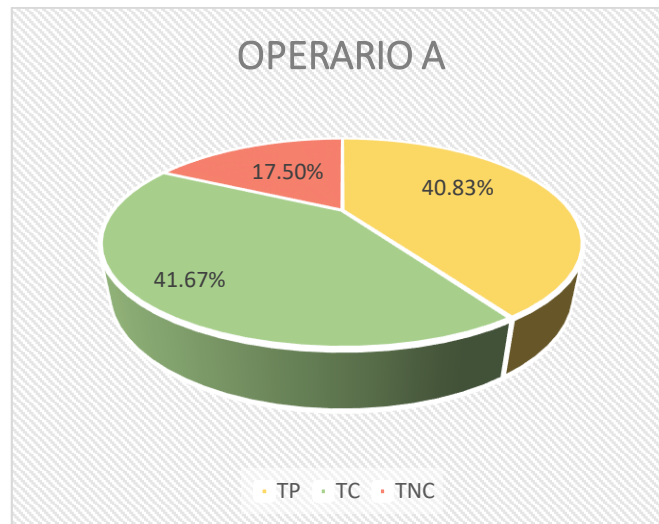


Figura 46 Ocupación del tiempo del Operario A

Fuente: Elaboración propia

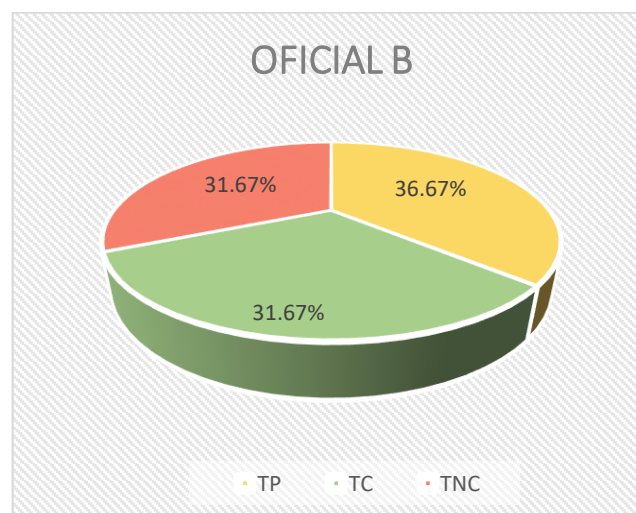


Figura 47 Ocupación del tiempo del Oficial B

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en las imágenes anteriores, ambos integrantes de la cuadrilla de encofrado, tienen un porcentaje alto de Tiempos Contributivos (41.67% y 31.67%), estos en su mayoría ocupados por el transporte de materiales.

4.2.6.3. Propuestas de mejoras

En la partida de encofrado de losa, se pudieron observar porcentajes altos de TC y de TNC, esto debido a que al finalizar el encofrado de una zona de la losa, el panel o paneles correspondientes a dicha zona no se encontraban nivelados, motivo por el cual se procedía a rehacer el trabajo, y como consecuencia se obtenía un retraso no sólo en esta partida, sino también en las partidas que dependen del encofrado de la losa; motivo por el cual se implementó el uso continuo del nivel

de mano, y se recomendó la verificación por cada panel que se empleaba, de esta manera se evitaron rehacer los trabajos al finalizar la partida.

Habilitado y armado de Acero

4.2.7. Desarrollo de la metodología

Reconocimiento e identificación de las actividades productivas, contributorias y no contributorias:

Para el desarrollo de cartas de balance en las partidas de Habilitado y Armado de acero se definieron primero las actividades que abarcaban TP, las cuales son actividades en las cuales el tiempo es ocupado solo a los procesos relacionados directamente con el resultado que queremos llegar en esta partida.

Dentro de las actividades productivas del habilitado y armado de acero está el tiempo que ocupan en realizar el armado en sí de la estructura en análisis.

Respecto de las actividades que ocupan los TC, se han considerado la toma de medidas, marcado con tiza, transporte de acero y/o materiales, las indicaciones y/o consultar planos, y el armado/desarmado de andamios. Y por último las actividades que ocupan los TNC que son las esperas, descansos.

PARTIDA	TP	TC	TNC
Habilitado y armado de Acero	Armado de vigas	Marcado con tiza	Esperas
		Realizar mediciones	Conversar con compañeros
		Transporte de acero	SS.HH
		Indicaciones / Ver planos	Tomar agua
		Armado/desarmado de andamios	

Tabla 3 Clasificación de los tipos de trabajo en la partida de Habilitado y armado de acero

Fuente: Elaboración propia

4.2.8. Habilitado y armado de acero de Columnas

4.2.8.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 48, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca la toma de medidas, y seguido a esto, el corte y transporte de insumos.

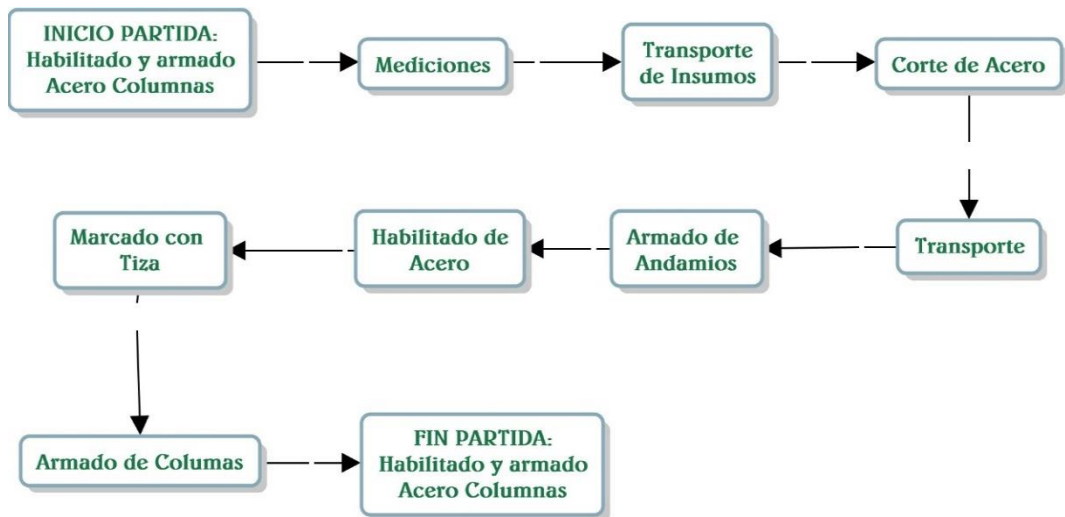


Figura 48 Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero de Columnas.

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de habilitado y armado de acero de columnas está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales están encargados de realizar las mediciones de la estructura a armar, para un posterior corte y transporte del material a emplear, el habilitado y armado final.

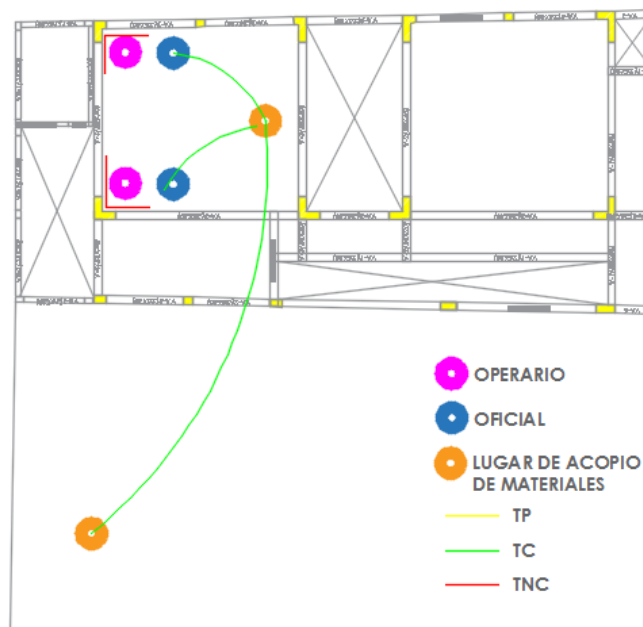


Figura 49 Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero de Columnas.

Fuente: Elaboración propia

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 46% de Trabajo Productivo, 35% de Trabajo Contributorio, y 19% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°50

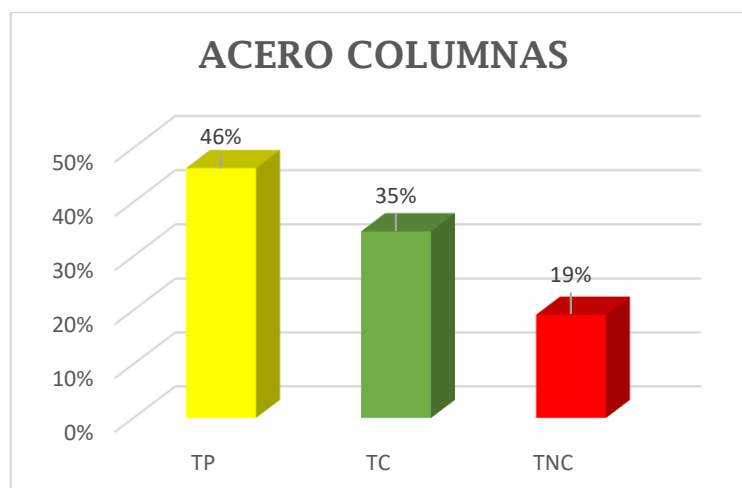


Figura 50 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Acero Columnas

Fuente: Elaboración propia



Figura 51 Trabajo Productivo en la partida de Acero Columnas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 35% del tiempo total, del cual el 40% está ocupado por el armado/desarmado de andamios, el 33% por el transporte de acero, y un 28% por el marcado sobre el acero de refuerzo.

Tal como se muestra en la figura N°52.

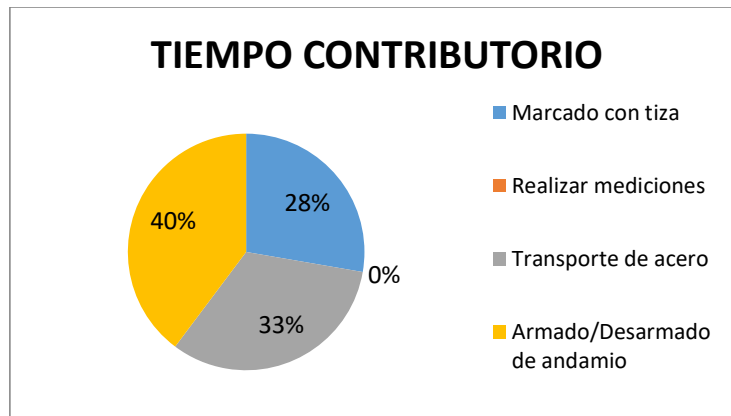


Figura 52 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Acero Columnas

Fuente: Elaboración propia



Figura 53 Trabajo Contributorio en la partida de Acero Columnas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 19% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero, como consecuencia de un mal flujo del material, es decir porque ocupaban la mayoría de tiempo en transporte, y a la vez este originaba tiempo de espera en integrantes de parte de la cuadrilla.

4.2.8.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de habilitado y armado de acero en columnas, se analiza el motivo de los

resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 46% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorara los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

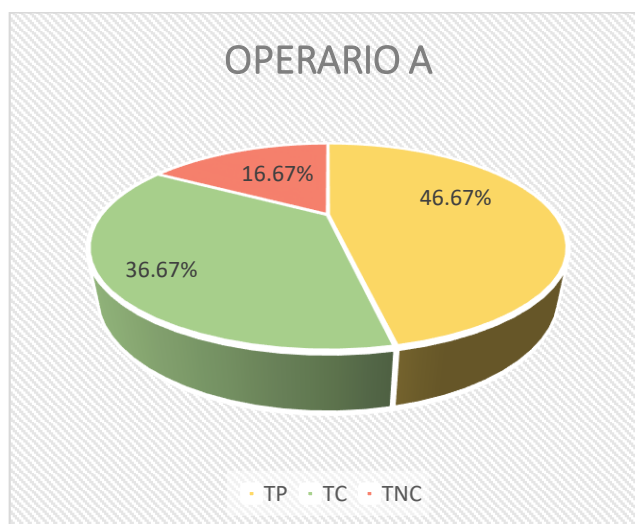


Figura 54 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida de Armado de Acero Columnas

Fuente: Elaboración propia

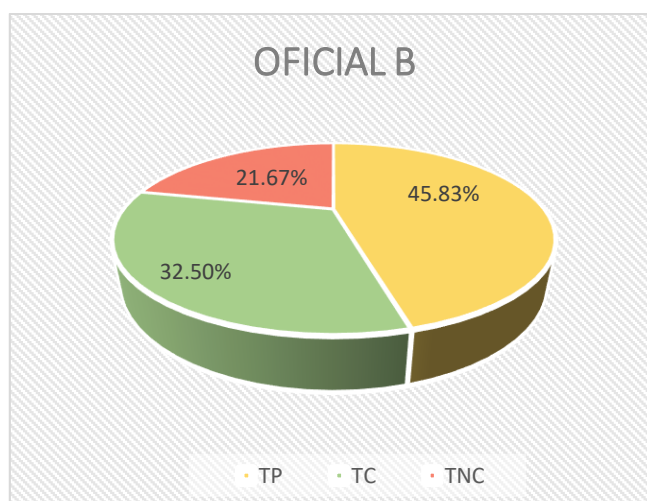


Figura 55 Ocupación del tiempo del Oficial B en la Partida de Armado de Acero Columnas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en las imágenes anteriores, ambos integrantes de la cuadrilla de encofrado, tienen un porcentaje alto de Tiempos Contributorios (36.67% y 32.50%), estos en su mayoría ocupados por el transporte de materiales.

4.3.8.3. Propuestas de mejoras

Ante los resultados anteriormente mostrados se observa que la cuadrilla de habilitado y armado de acero columnas tiene un porcentaje de 46% del total del tiempo empleado en Trabajos Productivos, y sabiendo el diagrama de flujo correspondiente a esta partida se pudo observar que el proceso se realizaba de una manera adecuada y/o correcta, motivo por el cual se obtienen los porcentajes que se ven representados en la figura N° 44; es por esto que las mejoras van enfocada al aumentar los porcentajes de TP y TC, disminuyendo los porcentajes de TNC, para lo cual se propuso lo siguiente:

- Habiendo observado el rendimiento de la cuadrilla, se realizó la sectorización para el total de columnas correspondientes; así también se hizo el seguimiento con la implementación del cronograma macro, y del cronograma semanal, sabiendo con esto el porcentaje de cumplimiento que tuvo la cuadrilla semanalmente (PPC) y que tanto se pudieron mejorar los porcentajes de tiempo (TP, TC, TNC) ocupados por la cuadrilla correspondiente a esta partida.

Así también se pudo observar que al inicio de cada jornada laboral, la gran parte de las primeras actividades realizadas por la cuadrilla eran ocupadas por TC, los cuales eran transporte de materiales hacia el lugar donde se iba a desarrollar la partida asignada, motivo por el cual se recomendó lo siguiente:

- Se hizo saber a cada integrante de las cuadrillas correspondientes al habilitado y armado de acero de columnas que al finalizar la jornada laboral, realizaran el transporte de los materiales al lugar de trabajo del día siguiente; evitando de esta manera el tiempo ocupado por TC al inicio de cada jornada laboral, reduciendo de esta forma el TC al inicio de cada jornada, y como consecuencia el aumento de los porcentajes de TP en cada inicio de jornada.

4.2.9. Habilitado y armado de acero Vigas

4.2.9.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 56, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado, se tiene todo lo que abarca la toma de medidas, y seguido a esto, el corte y transporte de insumos.

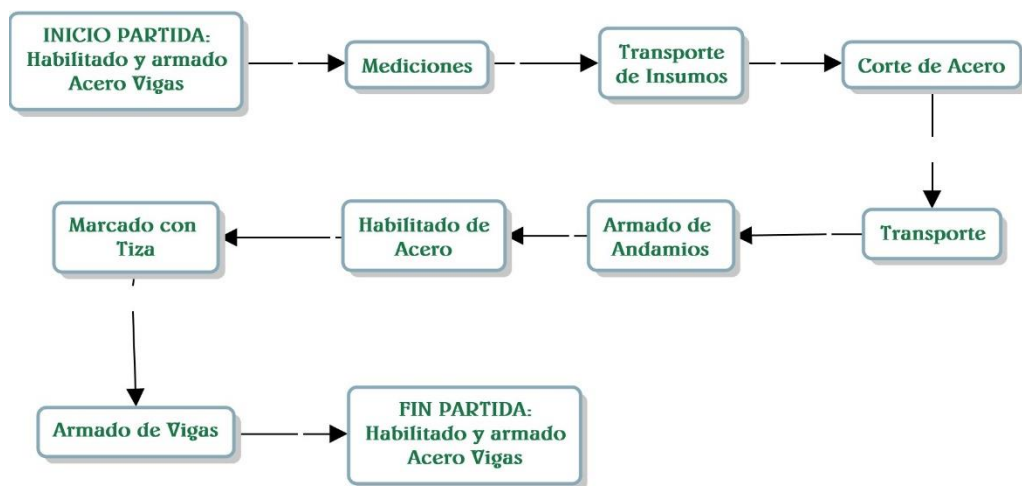


Figura 56 Diagrama de Flujo de la partida de habilitado y armado de acero de Vigas.

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de habilitado y armado de acero de vigas está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales están encargados de realizar las mediciones de la estructura a armar, para un posterior corte y transporte del material a emplear, el habilitado y armado final.

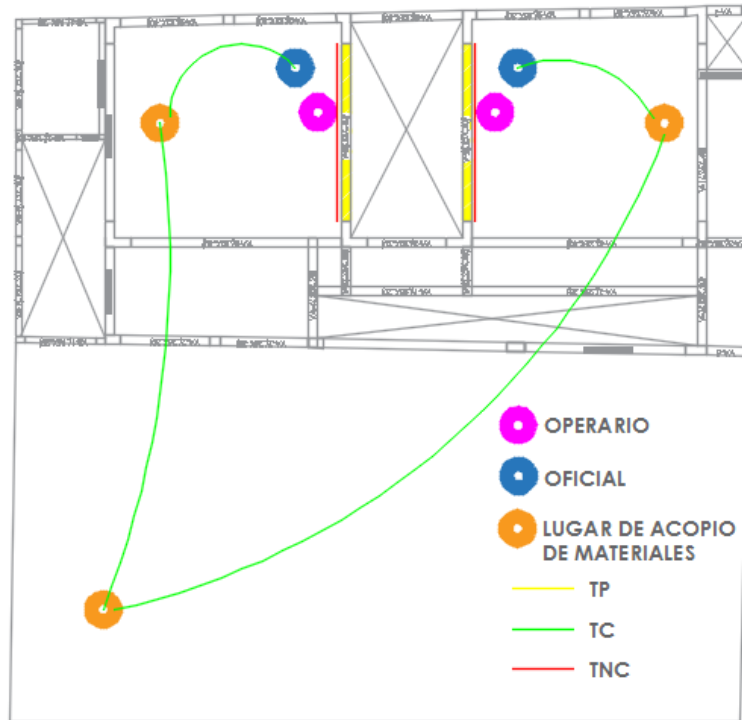


Figura 57 Diagrama de Spaghetti de la partida de habilitado y armado de acero de Vigas.

Fuente: Elaboración propia

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 42% de Trabajo Productivo, 37% de Trabajo Contributorio, y 21% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°58

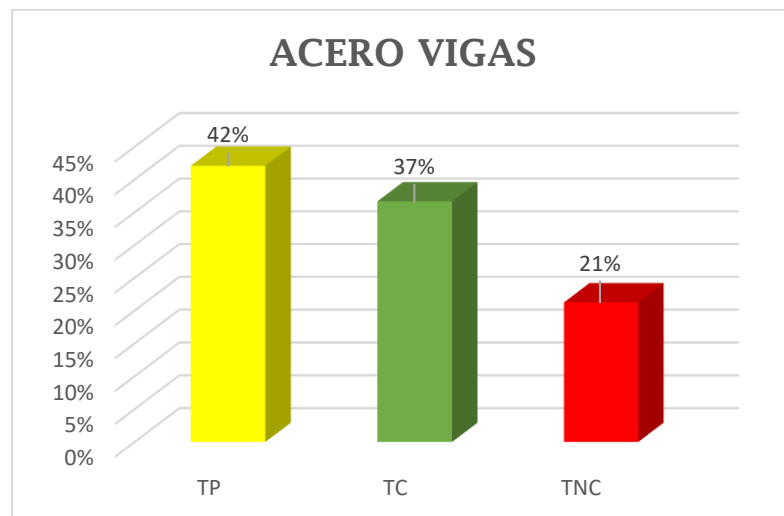


Figura 58 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Acero Vigas

Fuente: Elaboración propia



Figura 59 Trabajo Productivo en la partida de Acero Vigas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 37% del tiempo total, del cual el 48% está ocupado por el transporte de acero, 19% por la toma de medidas, 18% por el armado de andamios, y un 15% por el marcado con tiza sobre el acero de refuerzo. Tal como se muestra en la figura N°60.

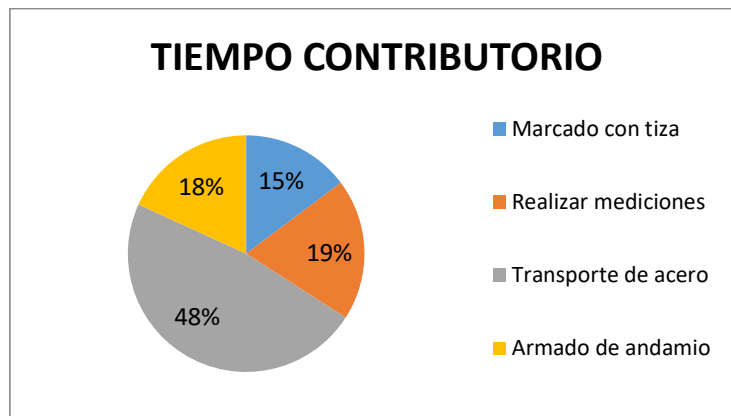


Figura 60 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida Acero Vigas

Fuente: Elaboración propia



Figura 61 Trabajo Contributorio en la partida Acero Vigas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 21% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.9.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de habilitado y armado de acero en columnas, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 42% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorara los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

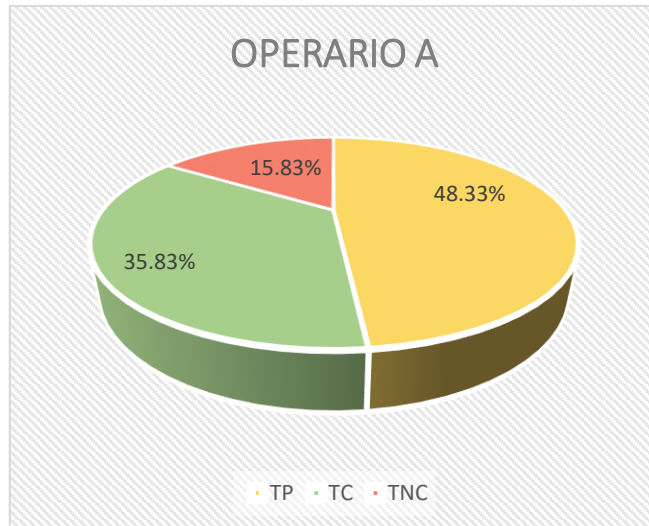


Figura 62 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida Acero de Vigas

Fuente: Elaboración propia

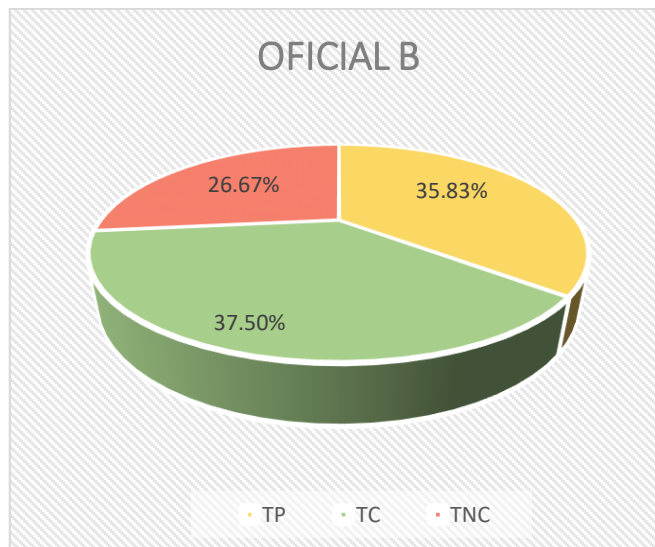


Figura 63 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida Acero de Vigas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en las imágenes anteriores, ambos integrantes de la cuadrilla de encofrado, tienen un porcentaje alto de Tiempos Contributorios (35.83% y 37.50%), estos en su mayoría ocupados por el transporte de materiales.

4.2.9.3. Propuestas de mejoras

Ante los resultados anteriormente mostrados se observa que la cuadrilla de habilitado y armado de acero vigas tiene un porcentaje de 42% del total del tiempo empleado en Trabajos Productivos, y sabiendo el diagrama de flujo correspondiente a esta partida se pudo observar que el proceso se realizaba de una

manera adecuada y/o correcta, motivo por el cual se obtienen los porcentajes que se ven representados en la figura N° 51; es por esto que las mejoras van enfocada al aumentar los porcentajes de TP y TC, disminuyendo los porcentajes de TNC, para lo cual se propuso lo siguiente:

- Habiendo observado el rendimiento de la cuadrilla, se realizó la sectorización para el total de vigas correspondientes; así también se recomendó el seguimiento con la implementación del cronograma macro, y del cronograma semanal, sabiendo con esto el porcentaje de cumplimiento que tuvo la cuadrilla semanalmente (PPC) y que tanto se pudieron mejorar los porcentajes de tiempo (TP, TC, TNC) ocupados por la cuadrilla correspondiente a esta partida.

Así también se pudo observar en los pisos superiores al primer nivel, el transporte de materiales lo realizaban de una forma que demandaba el uso de un tiempo excesivo, motivo por el cual se propuso el empleo de un winche eléctrico para el transporte de materiales, reduciendo de esta forma los tiempos empleados para el transporte de los materiales requeridos para el transporte de materiales.

4.2.10. Habilitado y armado de acero Losa

4.2.10.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 64, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca la toma de medidas, y seguido a esto, el corte y transporte de insumos.

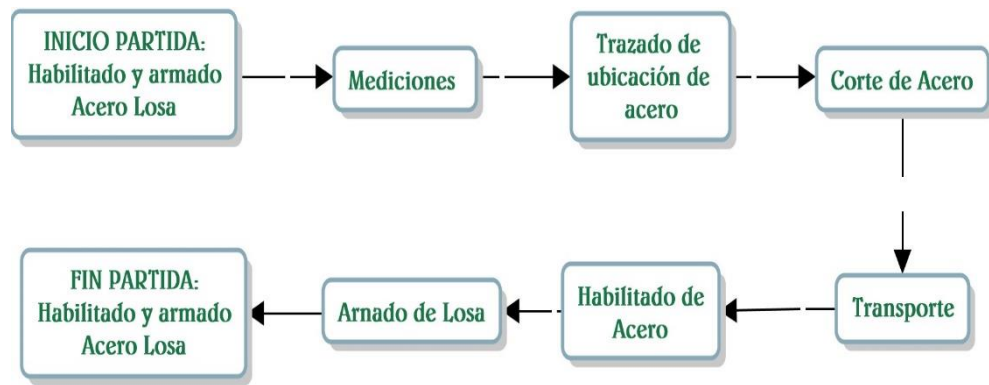


Figura 64 Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de Acero de Losa.

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de habilitado y armado de acero de losa está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales están encargados de realizar las mediciones de la estructura a armar, para un posterior corte y transporte del material a emplear, el habilitado y armado final.

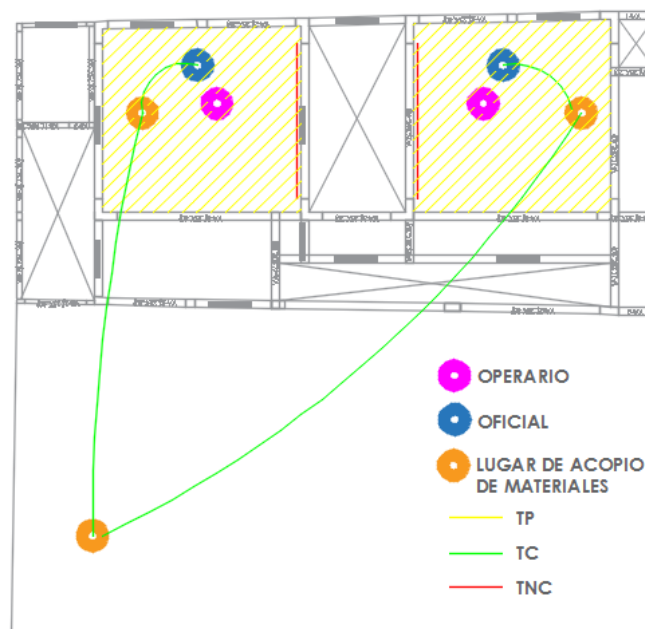


Figura 65 Diagrama de Spaghetti de la partida de Habilitado y armado de Acero de Losa.

Fuente: Elaboración propia

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 60% de Trabajo Productivo, 24% de Trabajo Contributorio, y 17% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°66

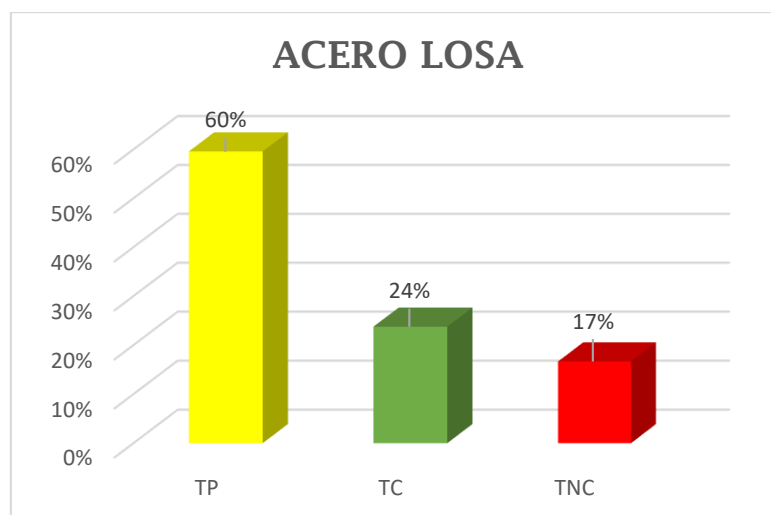


Figura 66 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Acero Losa

Fuente: Elaboración propia



Figura 67 Trabajo Productivo en la partida Acero Losa

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 24% del tiempo total, del cual el 79% está ocupado por el transporte de acero, y el 21% por las indicaciones recibidas y/o el revisar planos.

Tal como se muestra en la figura N° 68

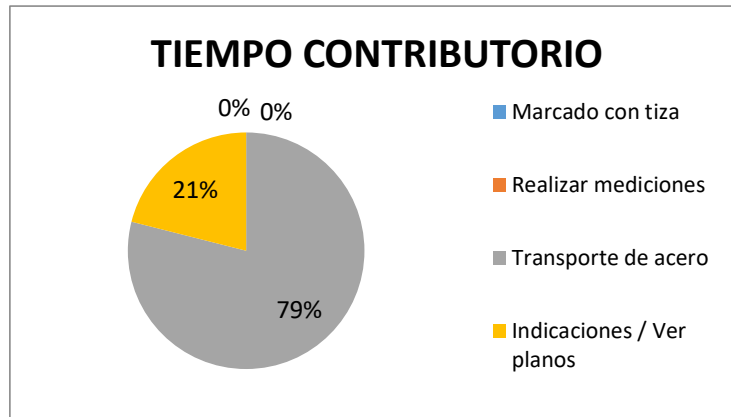


Figura 68 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida Acero Losa
Fuente: Elaboración propia



Figura 69 Trabajo Contributorio en la Partida Acero Losa
Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 17% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero, el cual es resultado de las diferentes interferencias entre las especialidades de estructuras e instalaciones eléctricas (en su mayoría) e instalaciones sanitarias; lo cual originó trabajos rehechos tanto por nivelación de paneles en el encofrado de la losa, o por motivos de intercepción de algún punto de ii.ss o centro de luz con algún elemento de la armadura correspondiente a la losa armada.

4.2.10.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de habilitado y armado de acero en losa, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con

el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 60% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorar los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

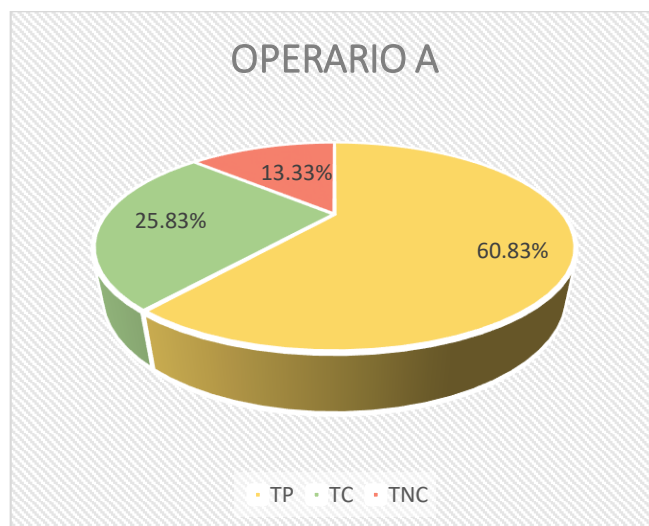


Figura 70 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida Acero de Losa

Fuente: Elaboración propia

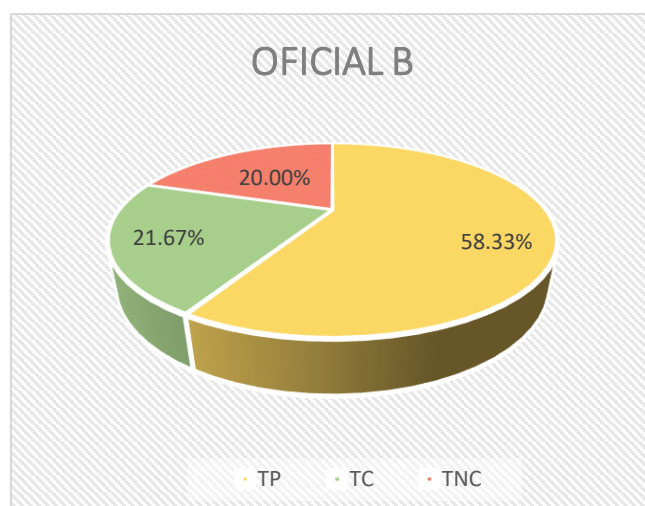


Figura 71 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida Acero de Losa

Fuente: Elaboración propia

4.2.10.3. Propuestas de mejoras

En la partida de habilitado y armado de acero losa, se pudieron observar porcentajes altos de TP, y a la vez un porcentaje considerable de TNC esto debido

a que se presentaron interferencias entre las especialidades de estructuras, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias, y estos porcentajes de TNC estuvieron abarcados por las esperas que tuvieron como consecuencia estas interferencias, esperando el replanteo del caso, motivo por el cual se recomendó para cada losa de los niveles superiores un plano de replanteo de viguetas y centros de luz, así también una vez finalizado el encofrado correcto de la losa, se implementó el trazo tanto de las viguetas como de los centros de luz, evitando de esta forma una intercepción posterior y como consecuencia trabajos rehechos y/o en espera.

Concreto

4.2.11. Concreto en Columnas

4.2.11.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 73, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca el transporte y mezclado de materiales, y seguido a esto, el vaciado y vibrado del concreto.

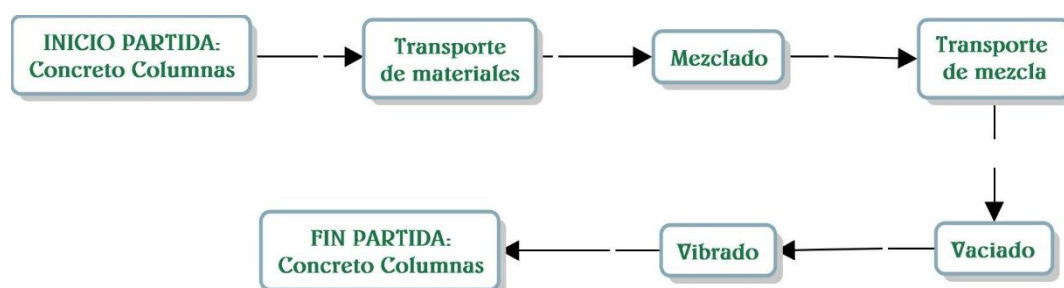


Figura 72 Diagrama de Flujo de la partida Concreto Columnas.

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de concreto columnas está conformada por 1 Operario y 7 Peones, de los cuales 4 estaban encargados del transporte y mezclado de materiales, para su posterior transporte y vaciado encargado de otros 2 peones, y finalmente el vibrado por parte del Operario.

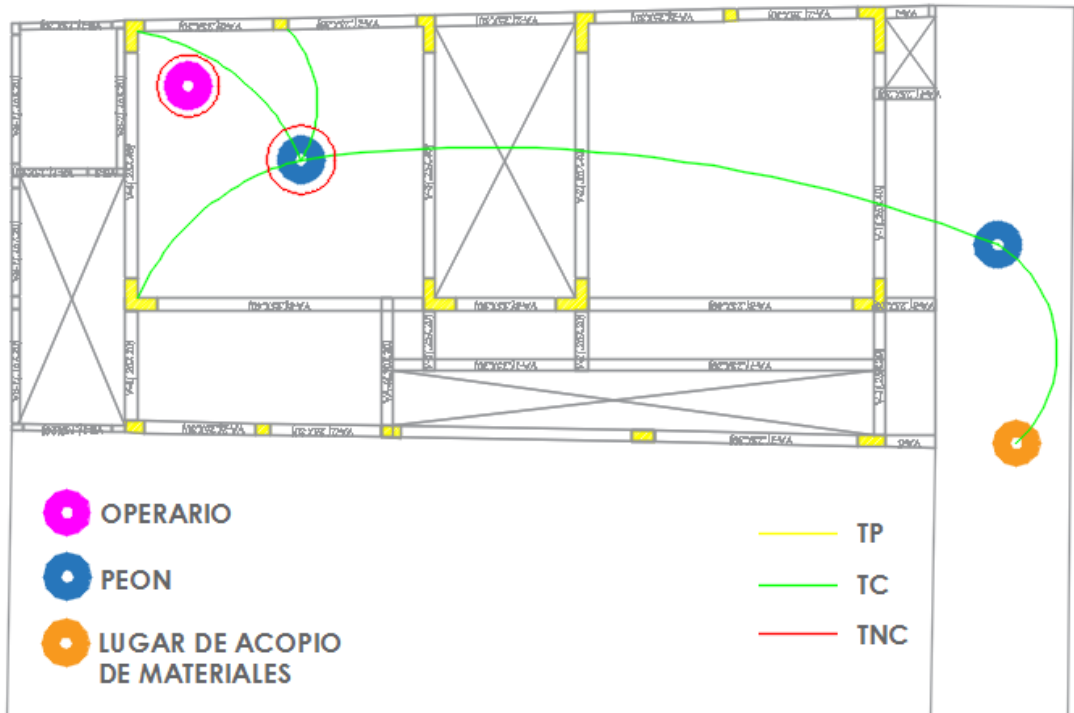


Figura 73 Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Columnas.
Fuente: Elaboración propia

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 30% de Trabajo Productivo, 49% de Trabajo Contributorio, y 22% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°

74

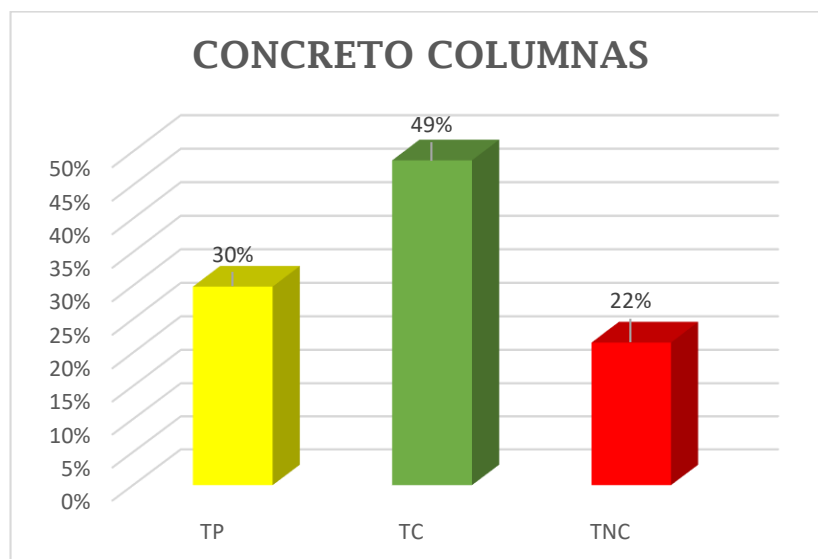


Figura 74 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Concreto Columnas
Fuente: Elaboración propia



Figura 75 Trabajo Productivo en la partida Concreto Columnas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 49% del tiempo total, del cual el 100% es ocupado por el transporte de materiales y/o mezcla.

Tal como se muestra en la figura N° 76.

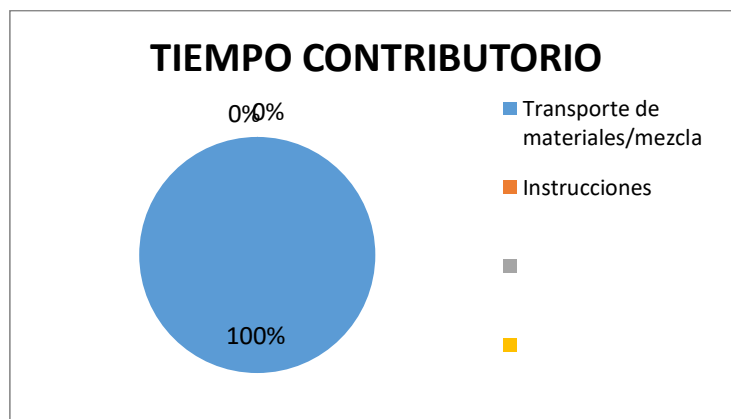


Figura 76 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Columnas

Fuente: Elaboración propia



Figura 77 Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Columnas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 22% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.11.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de concreto en columnas, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 30% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorara los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

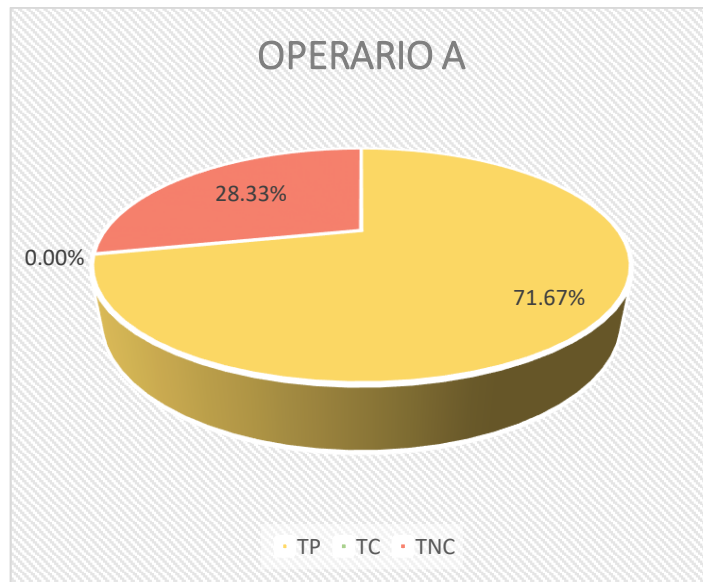


Figura 78 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida de Concreto Columnas

Fuente: Elaboración propia

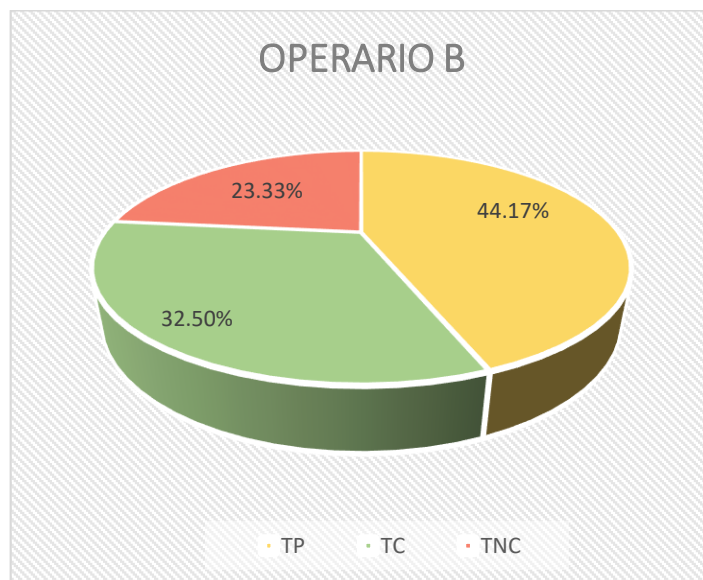


Figura 79 Ocupación del tiempo del Oficial B en la Partida de Concreto Columnas

Fuente: Elaboración propia

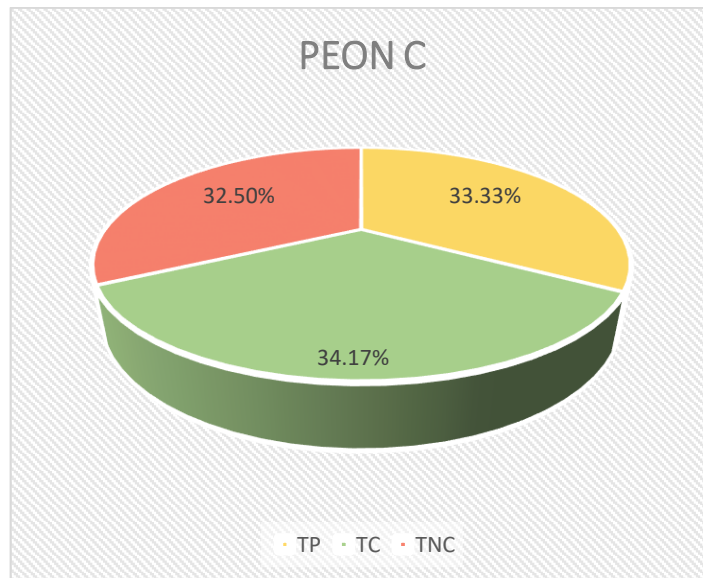


Figura 80 Ocupación del tiempo del Peón C en la partida de Concreto Columnas

Fuente: Elaboración propia

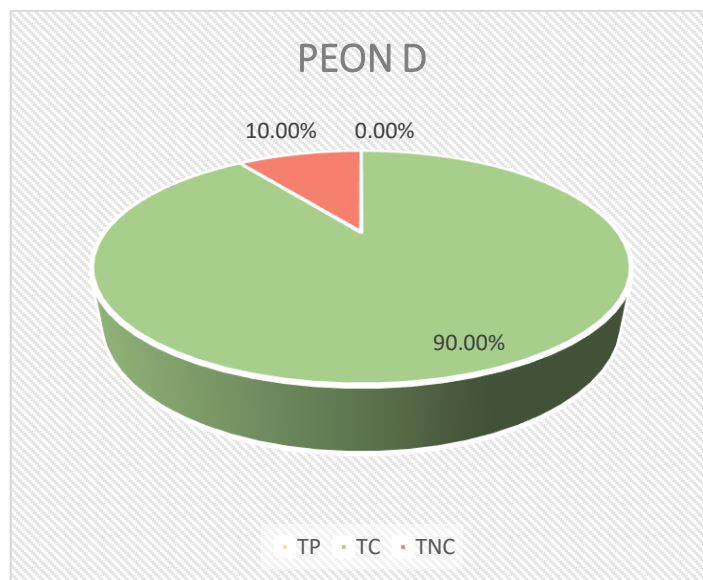


Figura 81 Ocupación del tiempo del Peón D en la partida de Concreto Columnas

Fuente: Elaboración propia

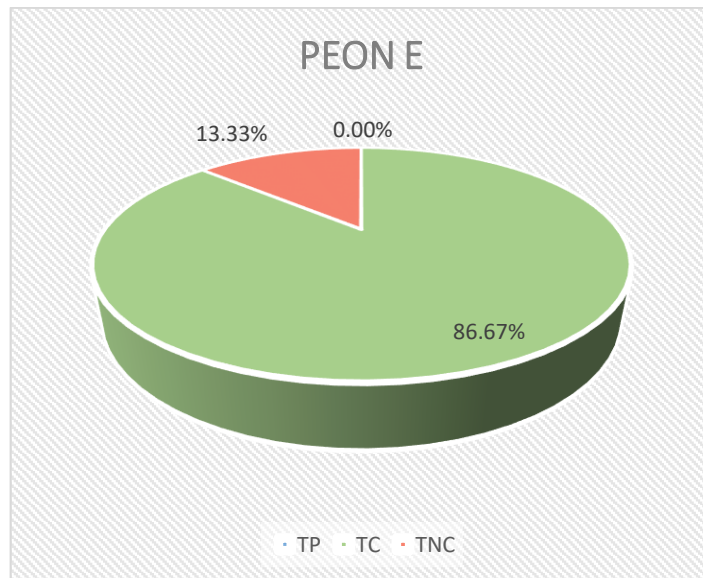


Figura 82 Ocupación del tiempo del Peón E en la partida de Concreto Columnas
Fuente: Elaboración propia

4.2.12. Concreto Losa

4.2.12.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 83, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca el transporte y mezclado de materiales, y seguido a esto, el vaciado y vibrado del concreto.

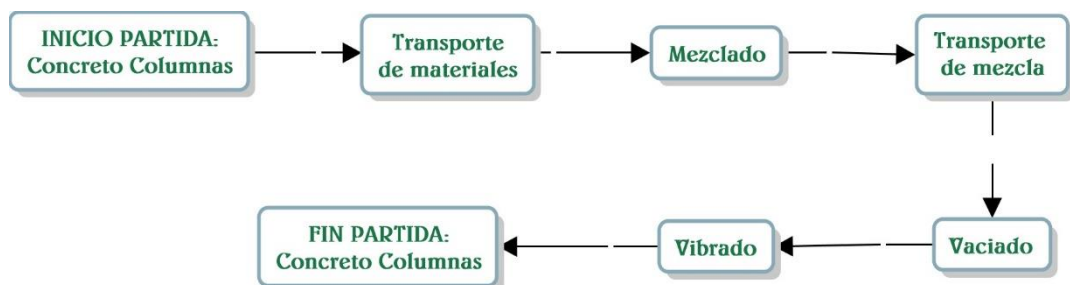


Figura 83 Diagrama de Flujo de la partida Concreto Columnas.
Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de concreto losa está conformada por 1 Operario, 1 Oficial y 5 Peones, de los cuales 2 estaban encargados del transporte y mezclado de

materiales, para su posterior transporte y vaciado encargado de otros 2 peones, y finalmente el vibrado por parte del Operario.

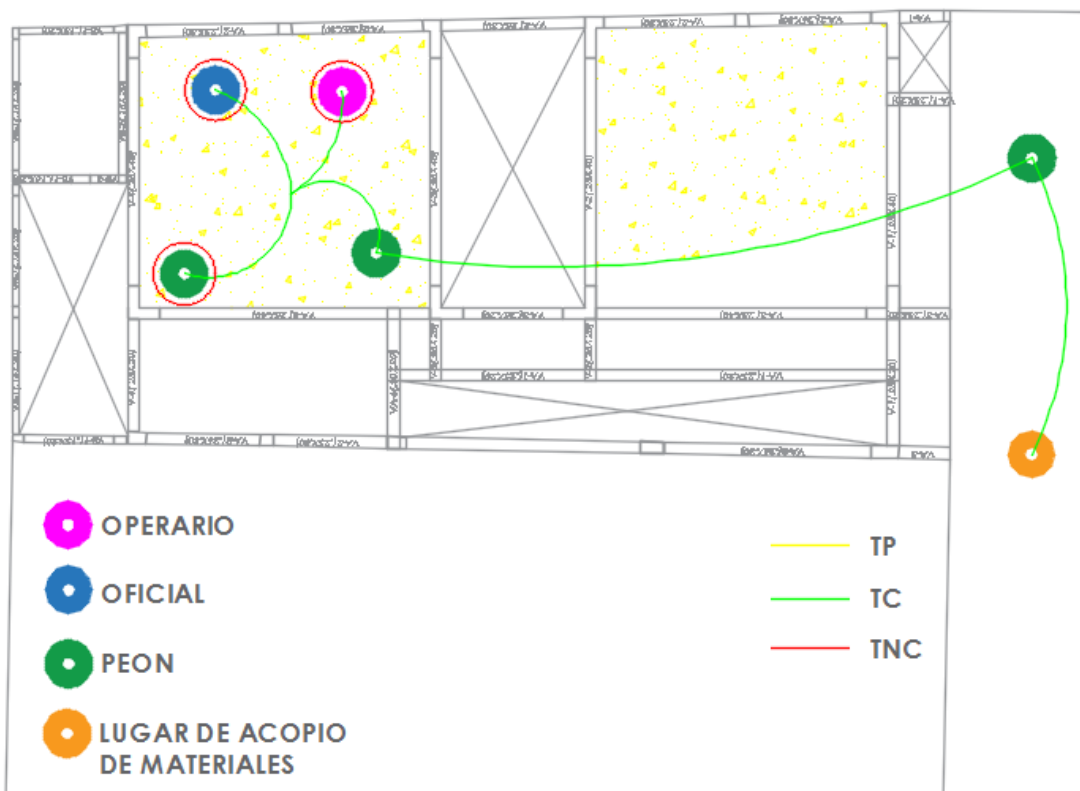


Figura 84 Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Losa.

Fuente: Elaboración propia

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 32% de Trabajo Productivo, 48% de Trabajo Contributorio, y 20% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°

85

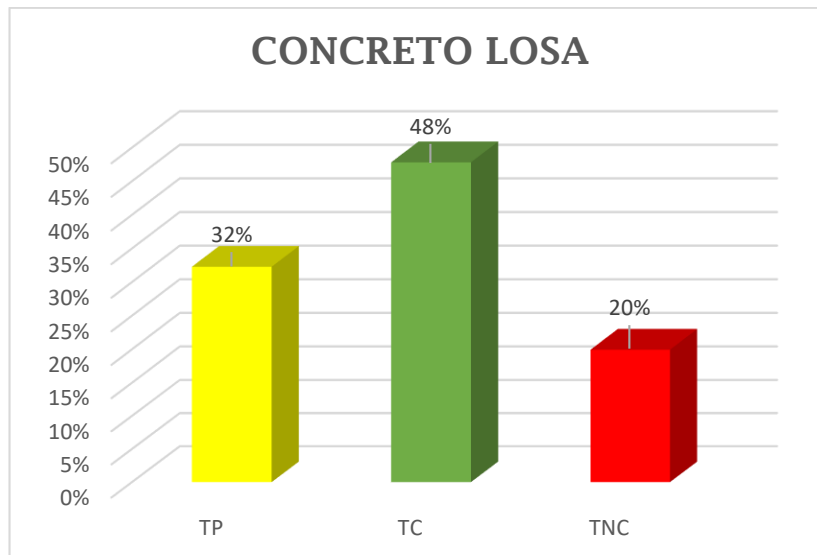


Figura 85 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Concreto losa

Fuente: Elaboración propia



Figura 86 Trabajo Productivo en la partida de Concreto Losa

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 49% del tiempo total, del cual el 86% está ocupado por el transporte de materiales y/o mezcla, 12% por el esparcido de concreto y 2% por la verificación del nivel del concreto vaciado.

Tal como se muestra en la figura N° 87.

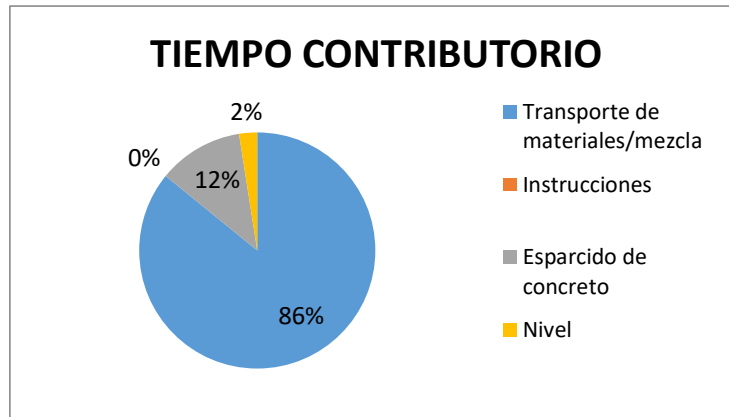


Figura 87 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Concreto Losa
Fuente: Elaboración propia



Figura 88 Trabajo Contributorio en la Partida de Concreto Losa
Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 20% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.12.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de concreto en losa, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 32% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorar los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

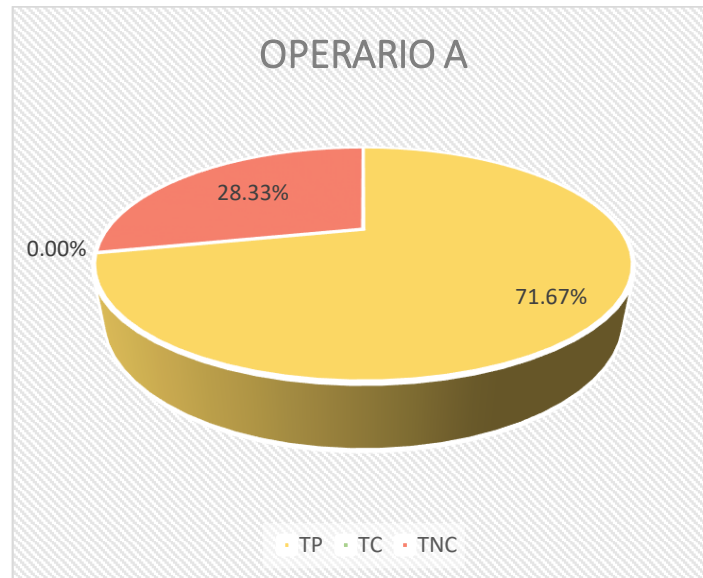


Figura 89 Ocupación del tiempo del Operario A

Fuente: Elaboración propia

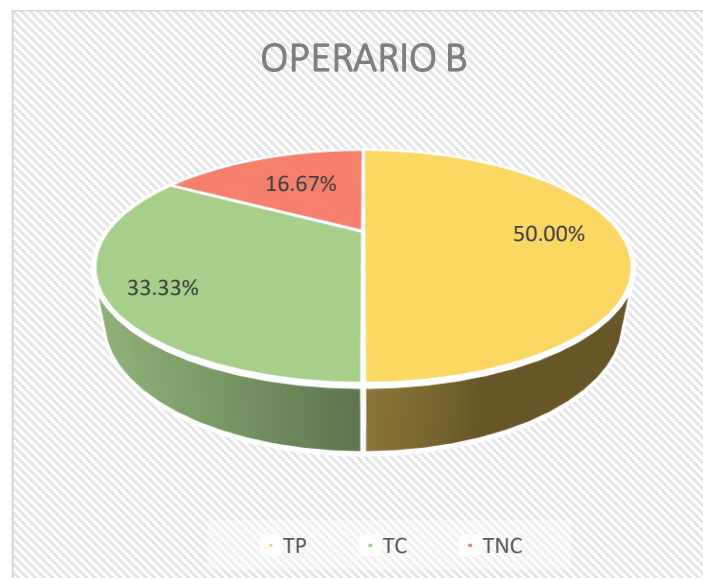


Figura 90 Ocupación del tiempo del Operario B

Fuente: Elaboración propia

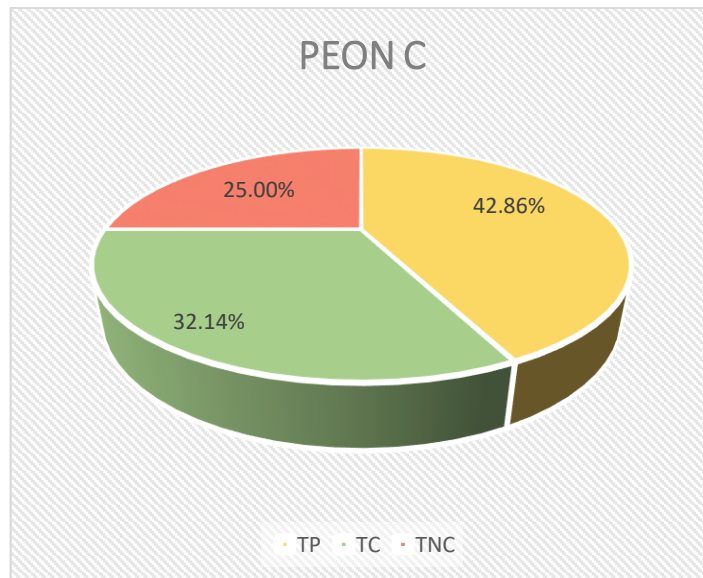


Figura 91 Ocupación del tiempo del Peón C

Fuente: Elaboración propia

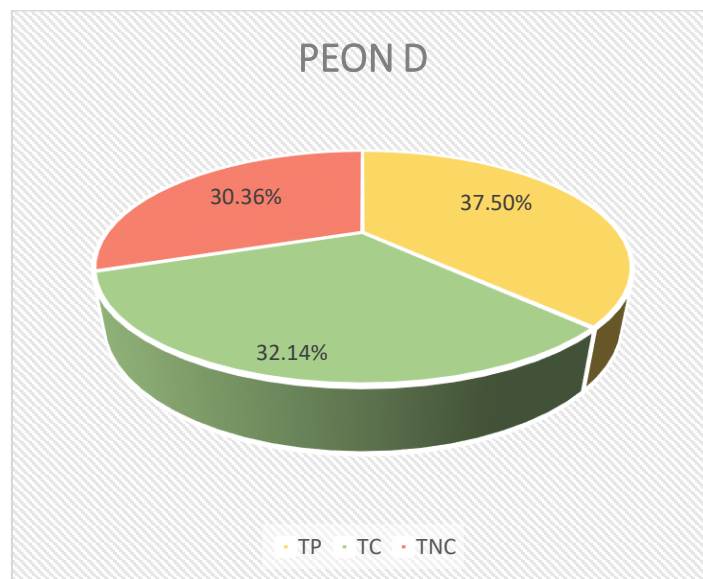


Figura 92 Ocupación de tiempo del Peón D

Fuente: Elaboración propia

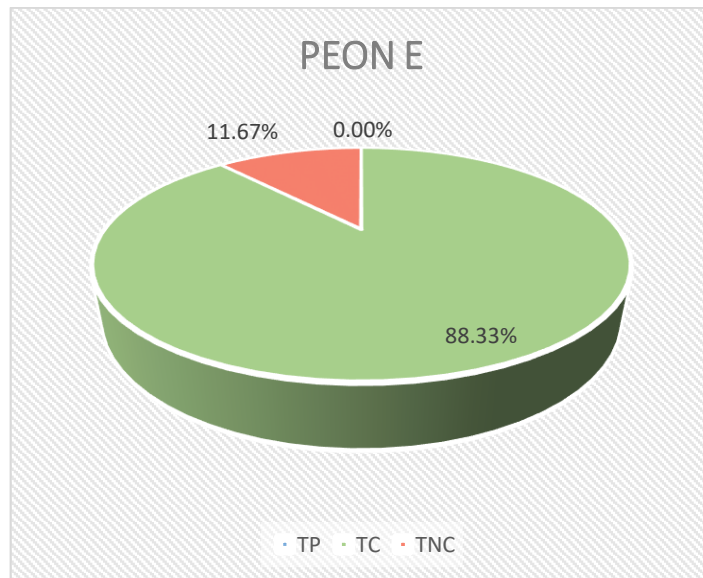


Figura 93 Ocupación de tiempo del Peón E

Fuente: Elaboración propia

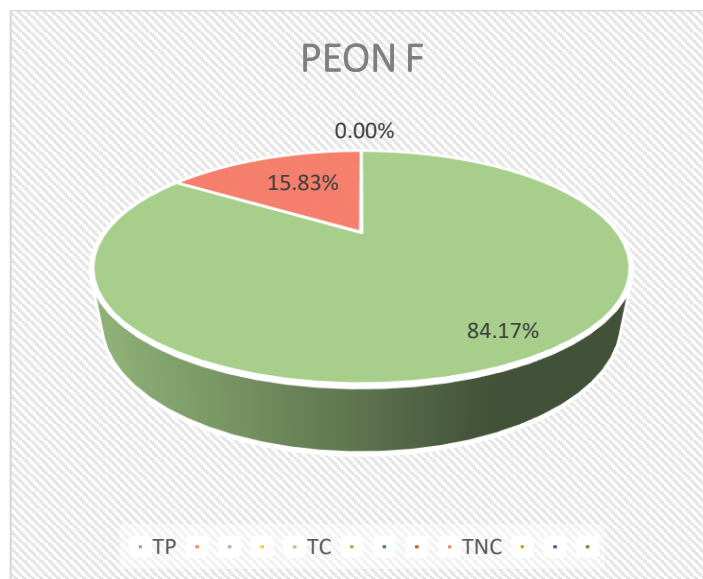


Figura 94 Ocupación de tiempo del Peón F

Fuente: Elaboración propia

4.2.12.3. Propuestas de mejoras:

La cuadrilla inicial correspondiente para los vaciados de Losa era conformada por 8 integrantes, 4 encargados del mezclado de materiales y manejo de la mezcladora, 1 operario encargado del vibrador, 2 en el transporte mediante buggies, y 1 con la regla y lampa.

Una vez realizado el seguimiento mediante Cartas Balance, se observó que los encargados de uso del vibrador y de la regla, tenían elevados porcentajes de Tiempos No contributorio; es por esto que se propuso que estas dos funciones sean realizadas por un

sólo integrante de la cuadrilla, reduciendo de esta manera los TNC generados por la acción individual de cada integrante.

Arquitectura

4.2.11. Asentado de Muros

4.2.11.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 86, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca la toma de medidas y transporte de materiales, y seguido a esto, el mezclado de materiales y asentado del muro.

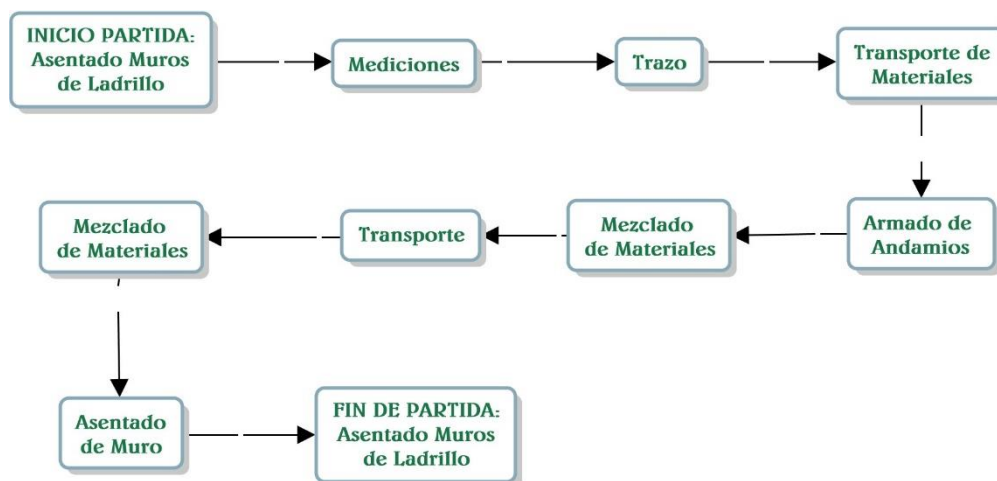


Figura 95 Diagrama de Flujo de la partida de Asentado de muros de ladrillo.
Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de asentado de muros de ladrillo está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, el cual estaba encargado de transporte, y mezclado de materiales para el posterior asentado de muros de ladrillo.

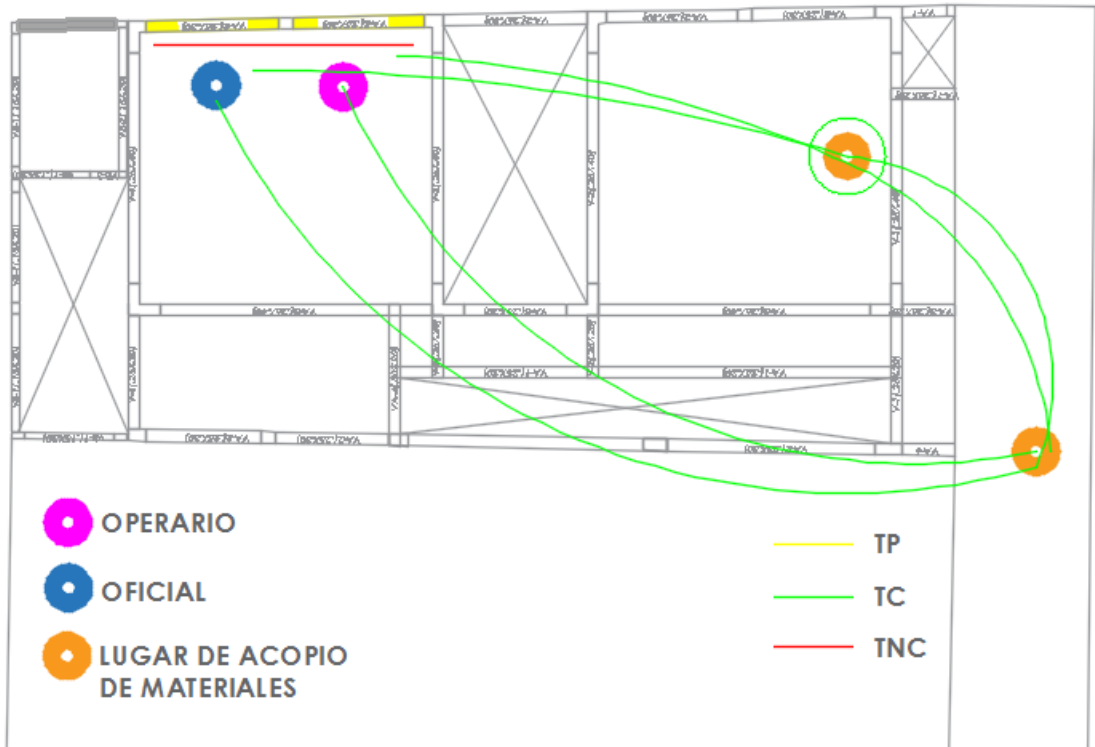


Figura 96 Diagrama de spaghetti de la partida de Asentado de muros de ladrillo.
Fuente: Elaboración propia

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 53% de Trabajo Productivo, 34% de Trabajo Contributivo, y 13% de Trabajo No Contributivo, tal como se ve en la figura N° 97.

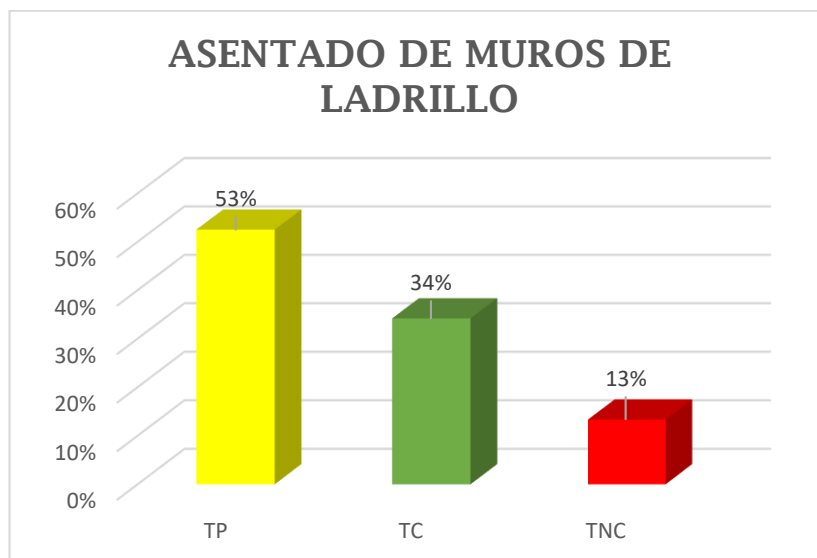


Figura 97 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Asentado de Muros
Fuente: Elaboración propia



Figura 98 Trabajo Productivo en la Partida de Asentado de Muros de Ladrillo
Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 34% del tiempo total, del cual el 45% está ocupado por el transporte de materiales o mezcla, el 34% por el mezclado de materiales, y el 21% por el uso de nivel y/o plomo.

Tal como se muestra en la figura N° 90.

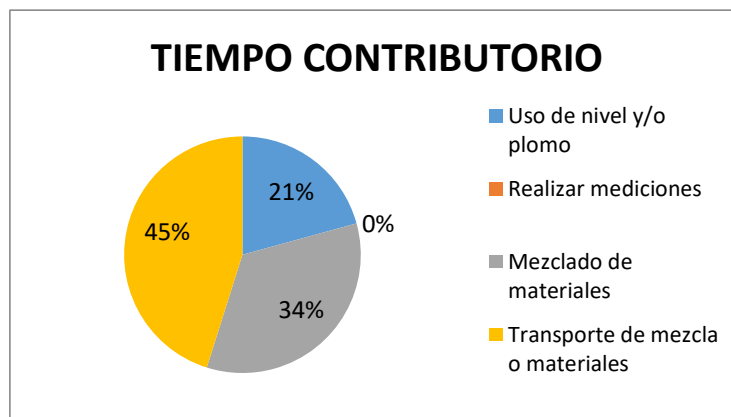


Figura 99 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Asentado de Muros de Ladrillo
Fuente: Elaboración propia



Figura 100 Trabajo Contributorio en la partida de Asentado de Muros de Ladrillo

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 13% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero, los cuales fueron generados por los tiempos excesivos que descansaba cada miembro de la cuadrilla, en su mayoría debido a que los mismos operarios u oficiales de la cuadrilla, hacían el mezclado y traslado de su propia mezcla.

4.2.11.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de asentado de muros, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 53% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorar los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

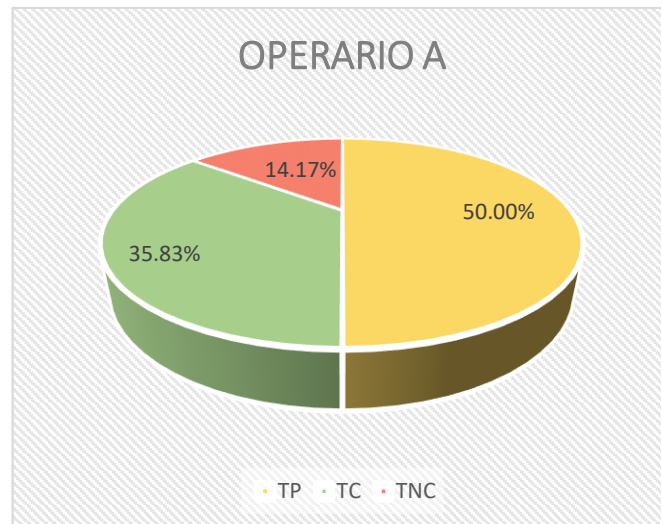


Figura 101 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida de Asentado de Muros de Ladrillo

Fuente: Elaboración propia

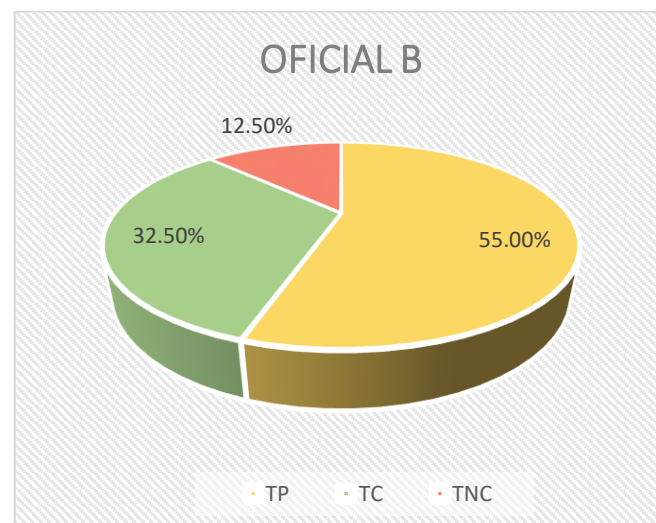


Figura 102 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida de Asentado de Muros de Ladrillo

Fuente: Elaboración propia

4.2.11.3. Propuestas de Mejoras:

La cuadrilla inicial correspondiente para el Asentado de Muros de ladrillo era conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales ellos mismos eran encargado del transporte del material empleado hasta el frente de trabajo, esto lo vemos representado en los porcentajes ocupados por TC, motivo por el cual se asignó un integrante más para todas las cuadrillas de asentado de muros, el cual era el encargado solo del transporte del material a cada cuadrillas de trabajo, obteniendo en las cuadrillas una disminución de TC, y un aumento en TP.

4.2.12. Tarrajeo de Muros

4.2.12.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 103, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca la toma de medidas y transporte de materiales, y seguido a esto, el mezclado de materiales y tarrajeo del muro.

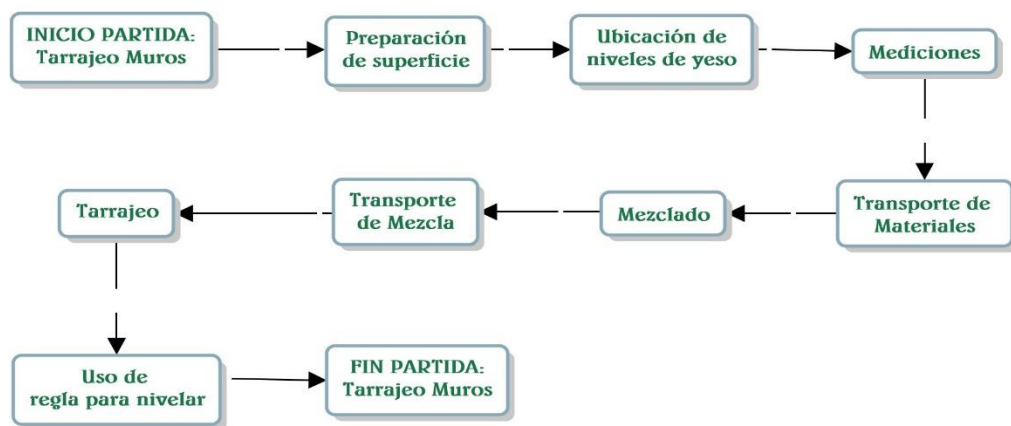


Figura 103 Diagrama de Flujo de la partida de Tarrajeo de muros.

Fuente: Elaboración propia

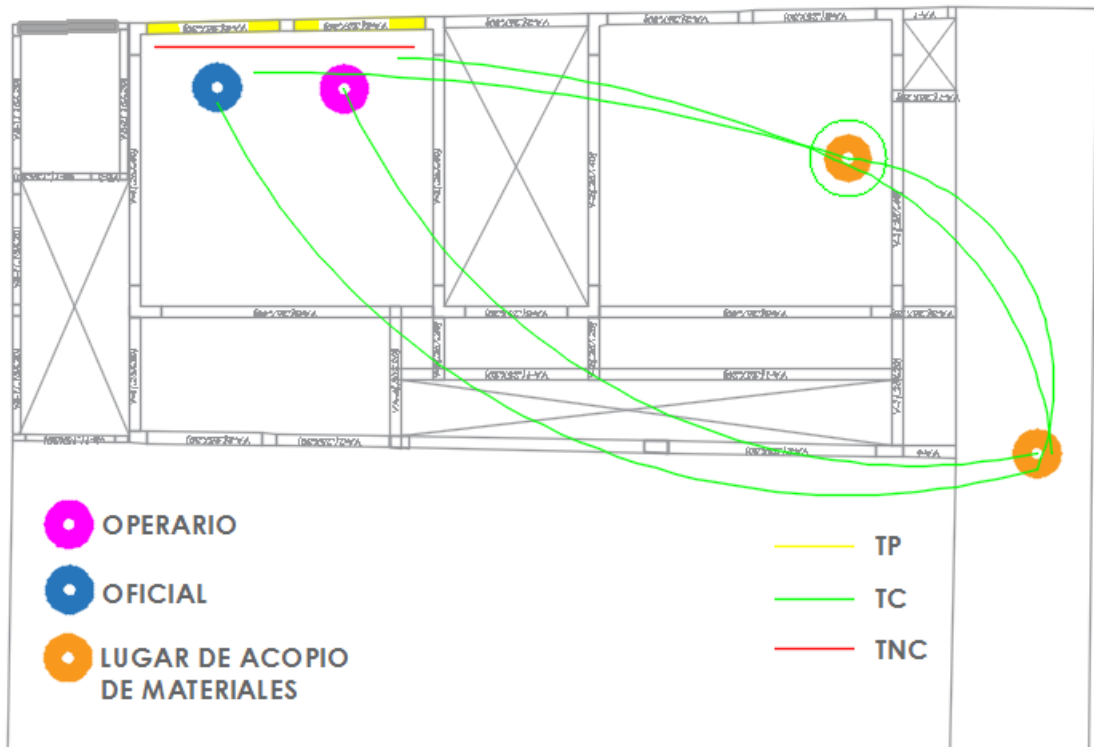


Figura 104 Diagrama de spaghetti de la partida de Tarrajeo de muros.
Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de asentado de muros de ladrillo está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales estaban encargados del transporte, mezclado de materiales y el posterior transporte e inicio de la partida de tarrajeo.

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 50% de Trabajo Productivo, 39% de Trabajo Contributorio, y 11% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°105.

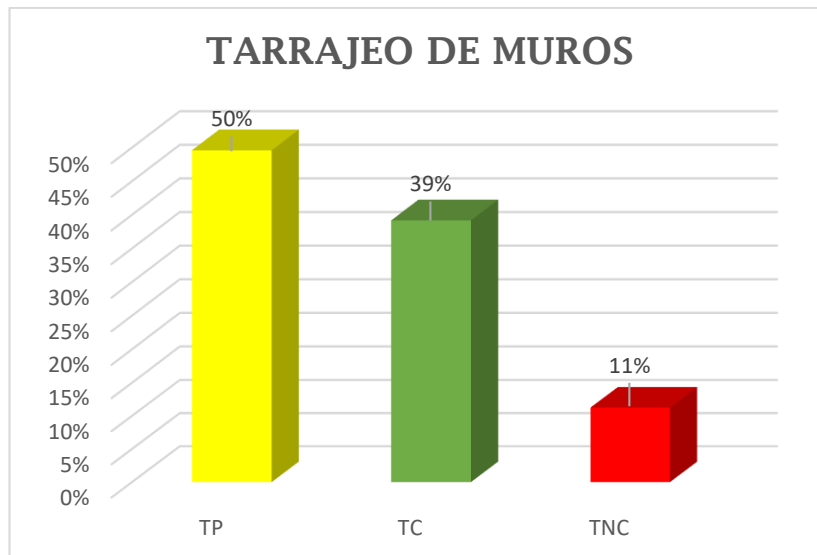


Figura 105 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Tarrajeo de Muros
Fuente: Elaboración propia



Figura 106 Trabajo Productivo en la Partida de Tarrajeo de Muros
Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributivo representa un 39% del tiempo total, del cual el 46% está ocupado por el mezclado de materiales, el 29% por el transporte de mezcla y/o materiales, y el 26% por la ubicación de niveles de yeso.

Tal como se muestra en la figura N° 107.

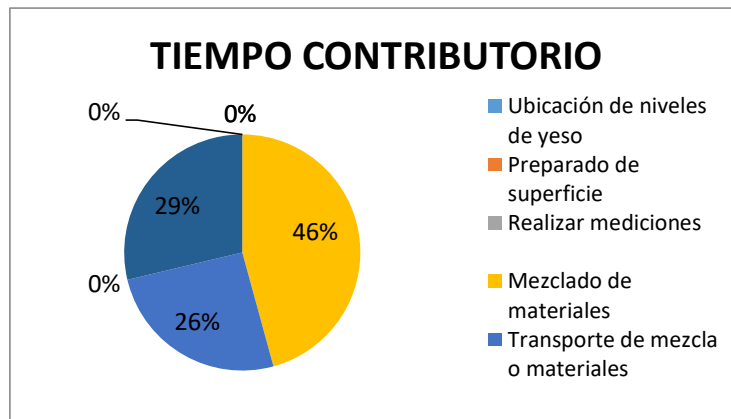


Figura 107 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida Tarrajeo de Muros

Fuente: Elaboración propia



Figura 108 Trabajo Contributorio en la partida Tarrajeo de Muros

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 11% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero, las que eran originadas mientras se transportaba el material por cada integrante hasta su frente de trabajo.

4.2.12.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de tarrajeo de muros, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 50% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorar los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a

obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

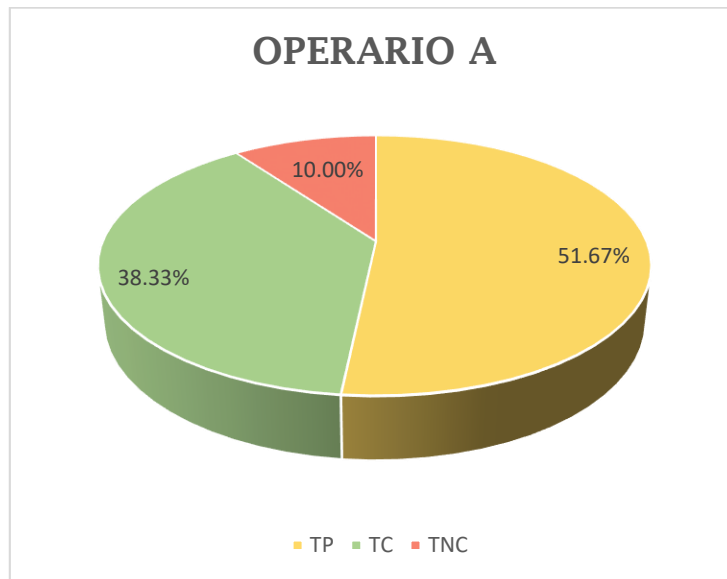


Figura 109 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida Tarrajeo de Muros

Fuente: Elaboración propia

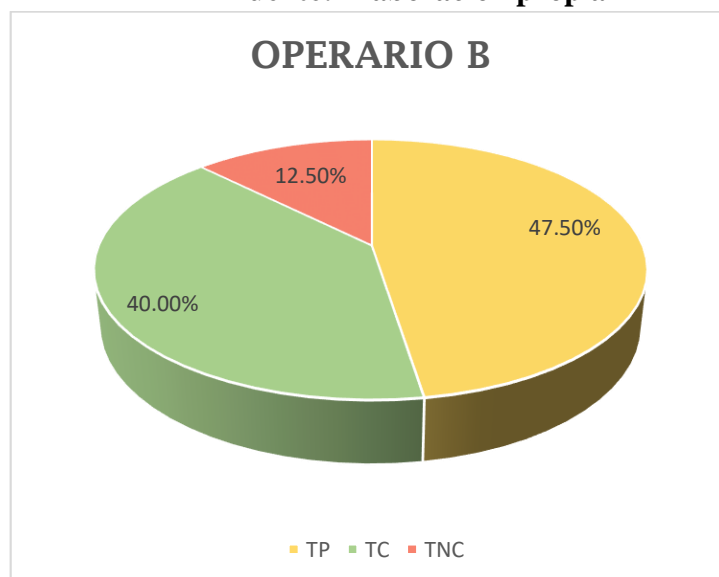


Figura 110 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida Tarrajeo de Muros

Fuente: Elaboración propia

4.2.13. Tarrajeo de Losa

4.2.13.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 111, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca la toma de medidas y transporte de materiales, y seguido a esto, el mezclado de materiales y tarrajeo de losa.

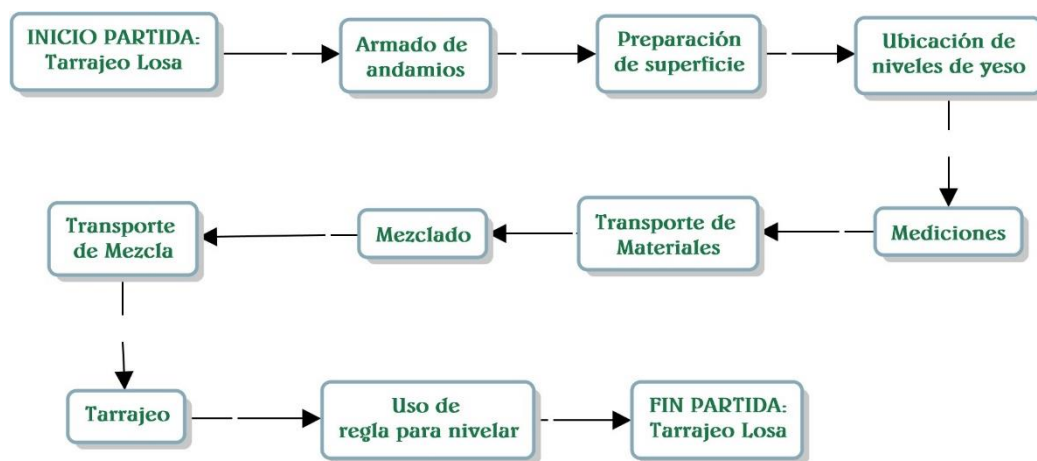


Figura 111 Diagrama de Flujo de la partida de Tarrajeo de Losa.

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de habilitado y armado de asentado de muros de ladrillo está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales estaban encargados del transporte, mezclado de materiales y el posterior transporte e inicio de la partida de tarrajeo.

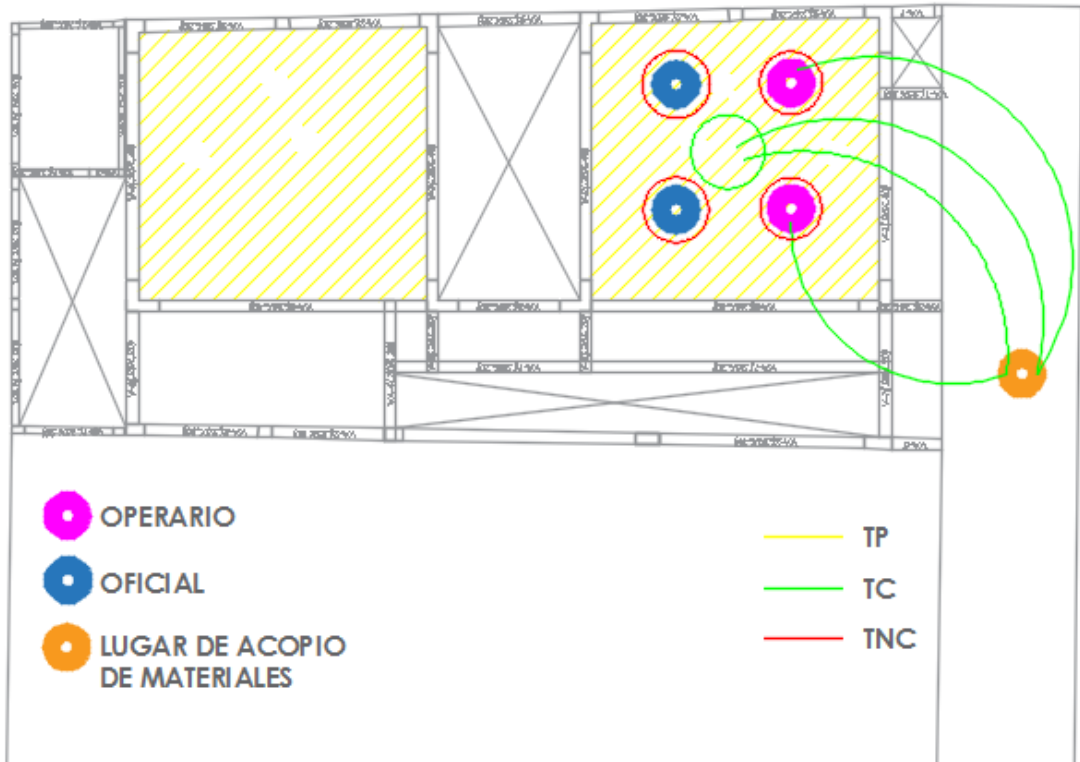


Figura 112 : Diagrama Spaguetti de la partida de Tarrajeo de Losa.

Fuente: Elaboración propia

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 53% de Trabajo Productivo, 42% de Trabajo Contributorio, y 5% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°113

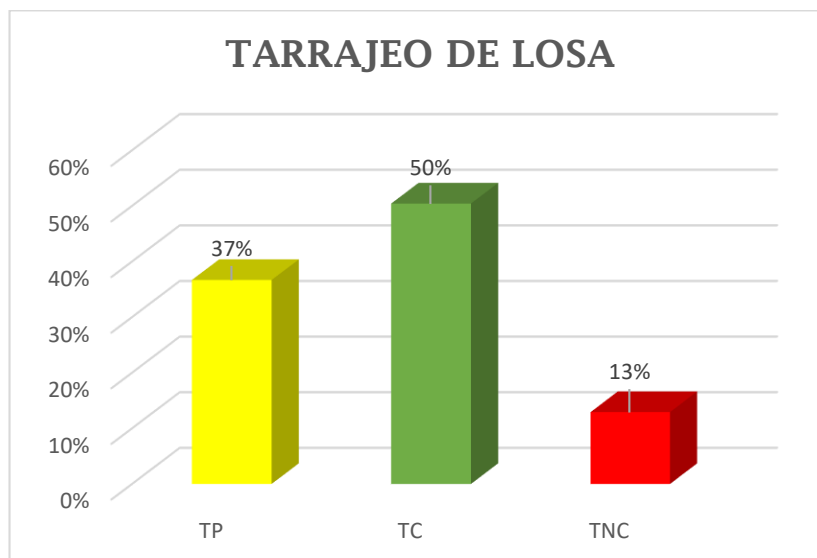


Figura 113 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Tarrajeo de Losa

Fuente: Elaboración propia



Figura 114 Trabajo Productivo en la partida de Tarrajeo de Losa
Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 50% del tiempo total, del cual el 40% está ocupado por el transporte de mezcla o materiales, 24% por el armado de andamios, 23% por el mezclado de materiales, y 12% por el recojo de mezcla o materiales. Tal como se muestra en la figura N°81.

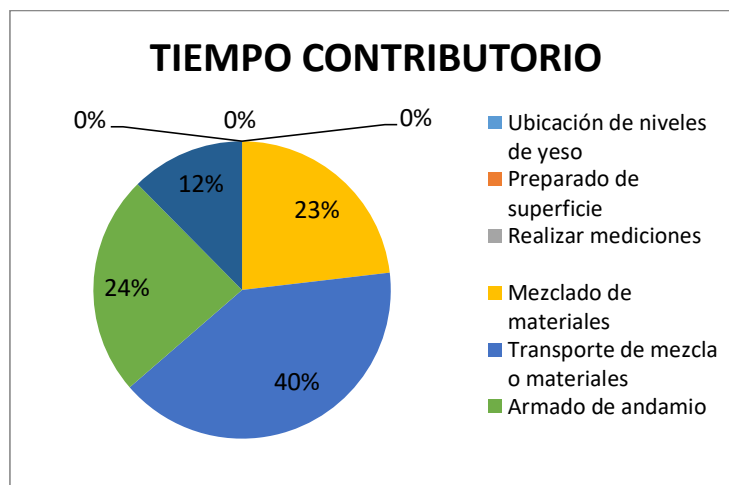


Figura 115 Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Tarrajeo de Losa
Fuente: Elaboración propia



Figura 116 Trabajo Contributorio en la Partida de Tarrajeo de Losa

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 13% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.13.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de tarrajeo de losa, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 37% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorar los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

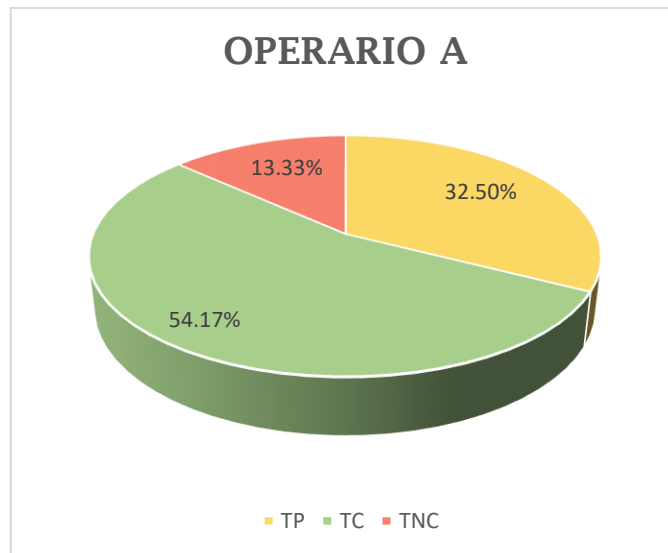


Figura 117 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida de Tarrajeo de Losa

Fuente: Elaboración propia

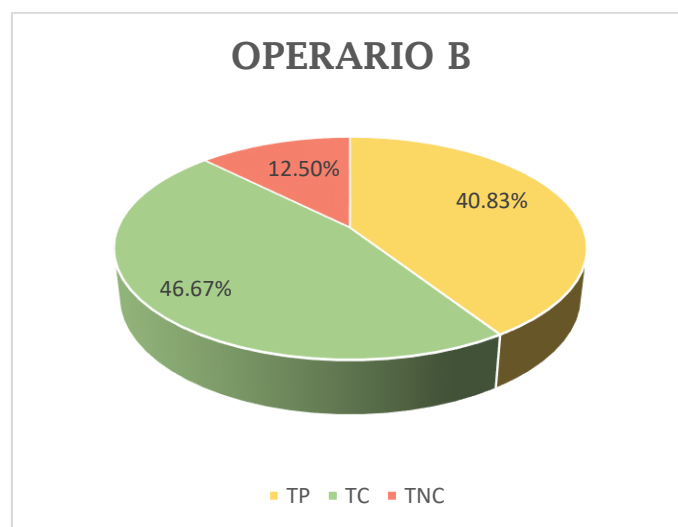


Figura 118 Ocupación del tiempo del Operario B en la Partida de Tarrajeo de Losa

Fuente: Elaboración propia

4.2.13.3. Propuestas de mejoras

Una vez realizado el análisis de las partidas asentado de muros de ladrillo, tarrajeo de cielo raso, y tarrajeo de muros mediante Cartas Balance, se observó que todas las cuadrillas estaban conformadas por 1 operario y 1 oficial, los cuales también realizaban el trabajo de transporte y mezclado de materiales, es por esto que en las figuras anteriores se pueden apreciar que los porcentajes de TC son elevados, a diferencia de los TP que deberían ser más elevados tanto para el operario y oficial.

Ante esto se propuso aumentar 1 integrante más para todas las cuadrillas, de asentado de muros de ladrillo, de tarrajeo de cielo raso y de muros; el cual realizaría solo el trabajo de transporte y mezclado de materiales, para el posterior traslado de la mezcla hacia cada cuadrilla del trabajo correspondiente; obteniendo como resultados el incremento notable de la ocupación del TP en los integrantes iniciales de cada cuadrilla.

Instalaciones Sanitarias

4.2.14. Instalaciones Sanitarias

4.2.14.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 110, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca la toma de medidas y transporte de materiales, y seguido a esto, el corte y colocación de tuberías y accesorios.

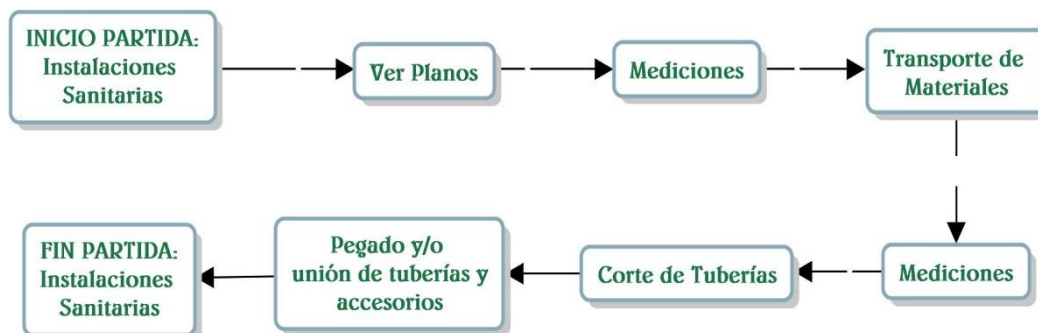


Figura 119 Diagrama de Flujo de la partida de instalaciones sanitarias.

Fuente: Elaboración propia

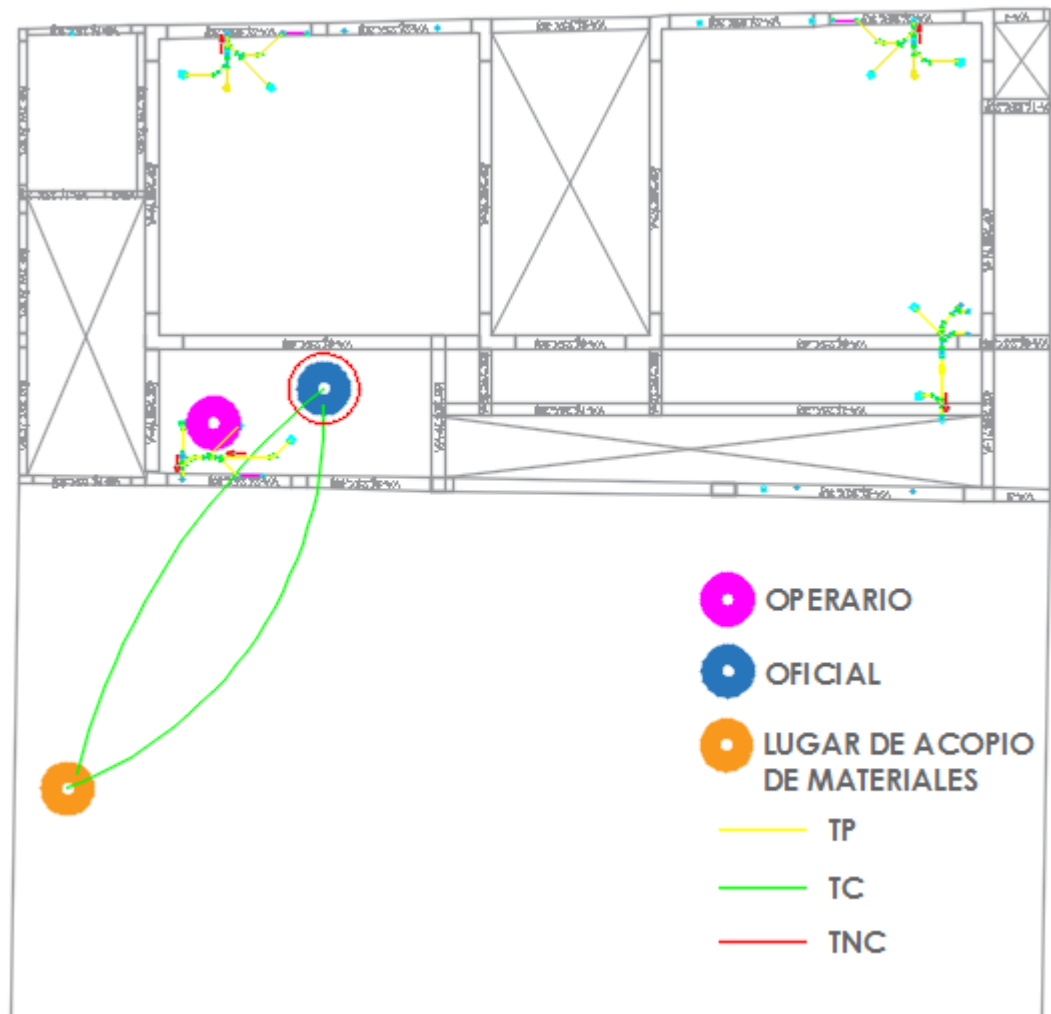


Figura 120 Diagrama Spaghetti de la partida de instalaciones sanitarias.

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de habilitado y armado de asentado de muros de ladrillo está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales estaban encargados del transporte, el posterior transporte e inicio de la partida de instalaciones sanitarias.

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 35% de Trabajo Productivo, 54% de Trabajo Contributorio, y 10% de Trabajo No Contributorio, tal como se ve en la figura N°121.

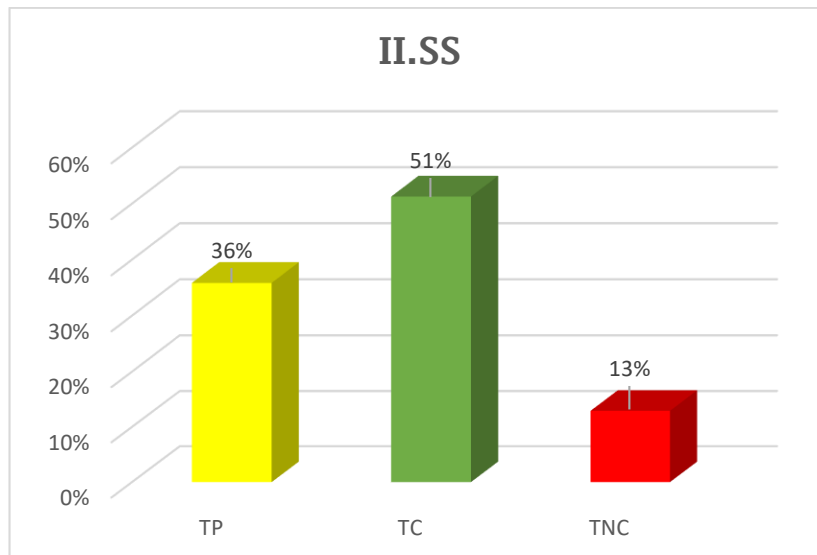


Figura 121 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Instalaciones Sanitarias

Fuente: Elaboración propia



Figura 122 Trabajo Productivo en la partida de Instalaciones Sanitarias

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 51% del tiempo total, del cual el 28% está ocupado por el colocado de refuerzo a las tuberías, el 29% por el corte de tuberías y/o accesorios, el 24% por el transporte de materiales, y el 19% por la toma de mediciones.

Tal como se muestra en la figura N° 123.

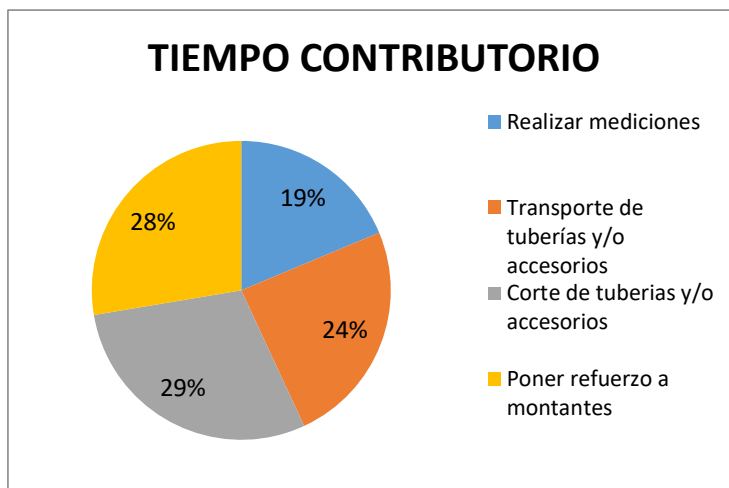


Figura 123 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Instalaciones Sanitarias

Fuente: Elaboración propia

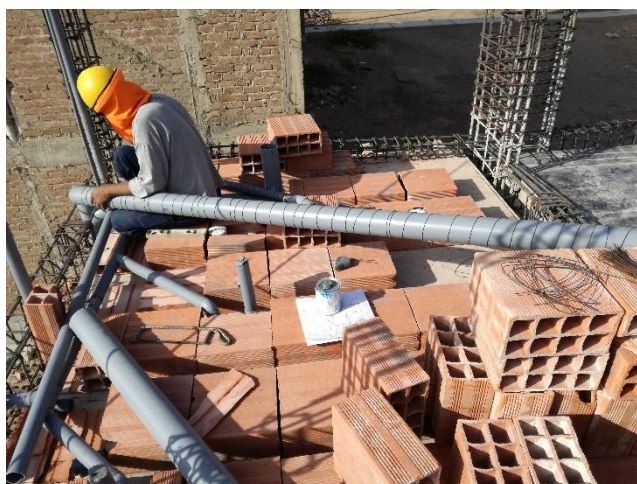


Figura 124 Trabajo Contributorio en la partida de Instalaciones Sanitarias

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 13% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.14.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de instalaciones sanitarias, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 36% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorar los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a

obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

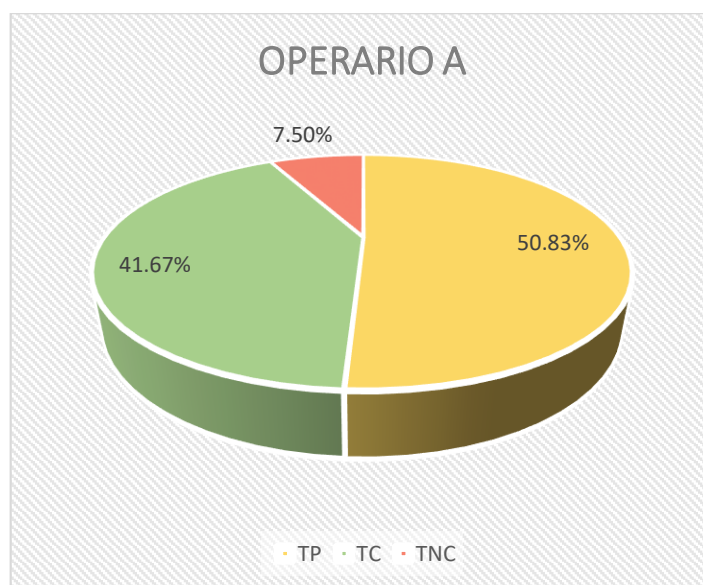


Figura 125 Ocupación del tiempo del Operario A en la Partida de Instalaciones Sanitarias

Fuente: Elaboración propia

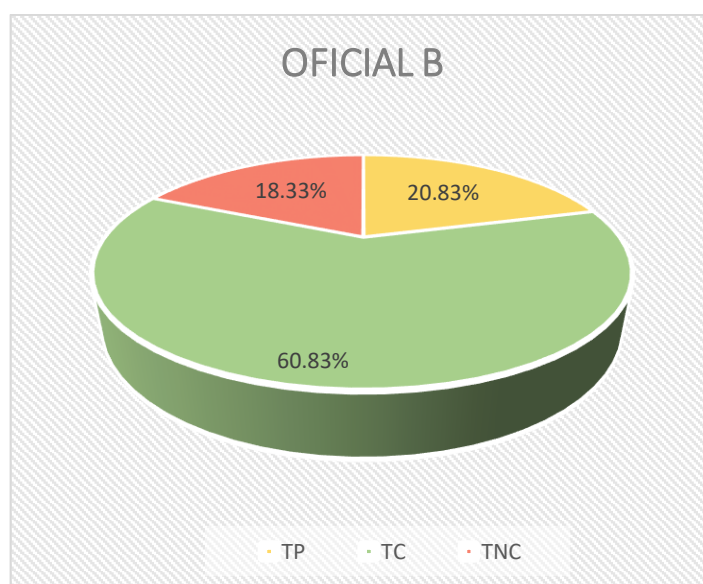


Figura 126 Ocupación del tiempo del Oficial B en la Partida de Instalaciones Sanitarias

Fuente: Elaboración propia

4.2.14.3. Propuestas de mejoras:

Una vez analizada la cuadrilla de Instalaciones Sanitarias la cual está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, obteniendo como resultado porcentajes altos de TP y TC, se recomendó hacerle seguimiento mediante cronograma macro, dándole así un número determinado de días para que

esta cuadrilla termine todo el metrado asignado, este seguimiento con el fin de evitar el cruce de actividades entre las diferentes especialidades previos al vaciado de una losa.

Instalaciones Eléctricas

4.2.15. Instalaciones Eléctricas

4.2.15.1. Desarrollo de la metodología

Descripción del diagrama de flujo:

El diagrama de flujo de la partida es tener un esquema ordenado de cada actividad que abarca todo el proceso de esta partida y tenerlo como un diagrama ordenado. Como se muestra en la figura N° 127, existen dos tipos de actividades contributorias las cuales tienen que realizarse con el fin de llegar a las actividades que abarcan los TP, por un lado se tiene todo lo que abarca la toma de medidas y transporte de materiales, y seguido a esto, el corte de tuberías y/o colocación de puntos.

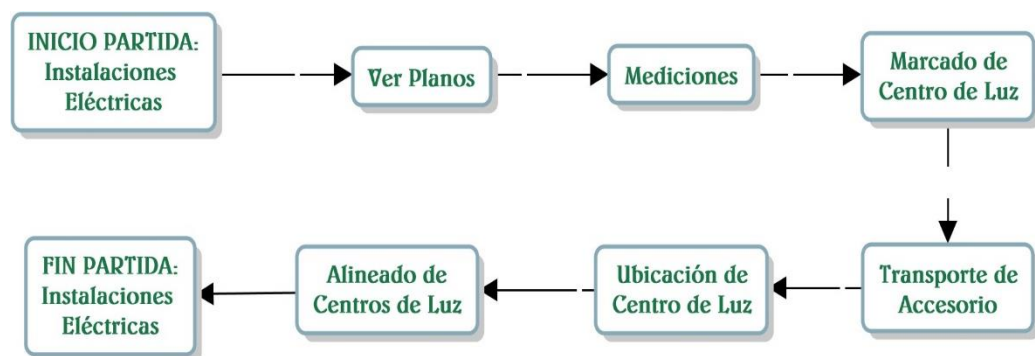


Figura 127 Diagrama de Flujo de la partida de instalaciones eléctricas.

Fuente: Elaboración propia

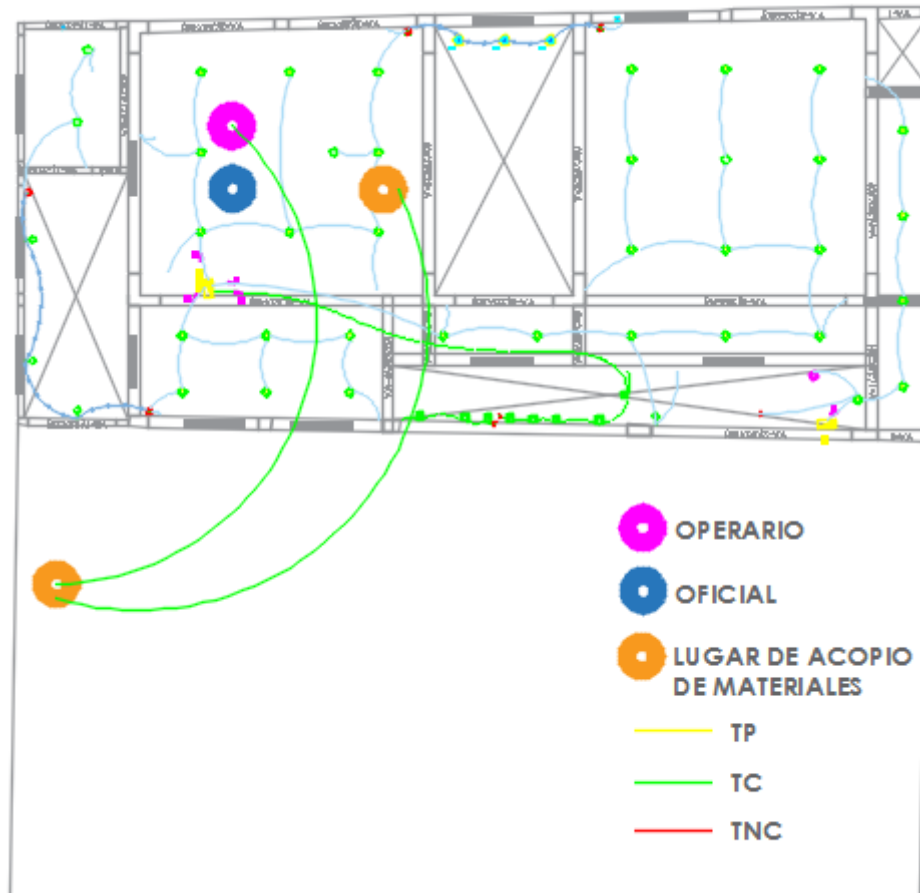


Figura 128 Diagrama spaghetti de la partida de instalaciones eléctricas.

Fuente: Elaboración propia

Distribución del personal utilizado:

La cuadrilla de habilitado y armado de asentado de muros de ladrillo está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales estaban encargados del transporte, el posterior transporte e inicio de la partida de instalaciones sanitarias.

Resultado y gráficos:

A continuación, se muestran los resultados generales de la cuadrilla, los cuales se dividen de la siguiente manera: 35% de Trabajo Productivo, 48% de Trabajo Contributivo, y 13% de Trabajo No Contributivo, tal como se ve en la figura N°93.

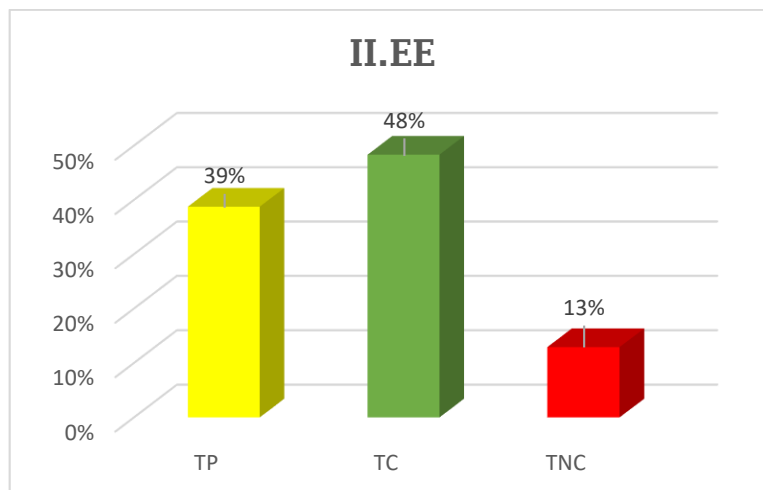


Figura 129 Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Instalaciones Eléctricas

Fuente: Elaboración propia



Figura 130 Trabajo Productivo en la Partida de Instalaciones Eléctricas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo Contributorio representa un 48% del tiempo total, del cual el 44% está ocupado por la toma de mediciones, el 19% por el transporte de tuberías, el 19% por la revisión de planos, y el 18% por el marcado de centro de luz.

Tal como se muestra en la figura N° 131.

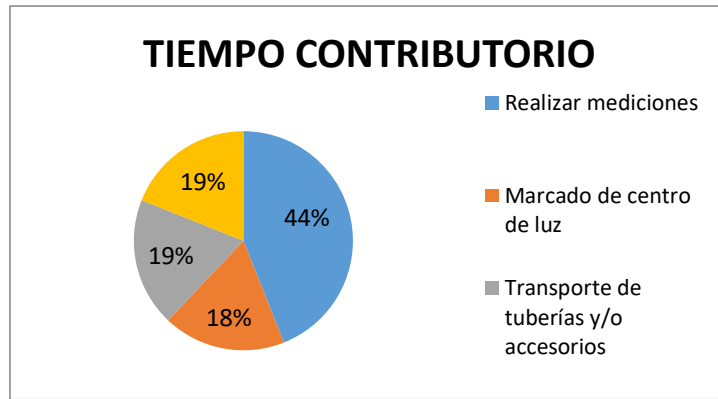


Figura 131 Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Instalaciones Eléctricas

Fuente: Elaboración propia



Figura 132 Trabajo Contributorio en la partida de Instalaciones Eléctricas

Fuente: Elaboración propia

El trabajo No Contributorio representa el 13% del total, del cual el 100% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

4.2.15.2. Análisis de resultados

Una vez vistos los resultados de la ocupación del tiempo de toda la cuadrilla de la partida de instalaciones eléctricas, se analiza el motivo de los resultados distribuidos en la ocupación de cada tiempo ya antes especificado con el fin de conocer el detalle de los resultados y poder plantear las propuestas de mejoras con el fin de obtener un mejor flujo de procesos en esta actividad.

El TP representa un 39% del tiempo total, en todas las actividades a querer mejorar los resultados de cada cuadrilla, es decir el TP, se tiene que llegar a

obtener menores porcentajes en la ocupación del TC y TNC; teniendo como resultado una optimización del proceso, y con esto una mayor productividad.

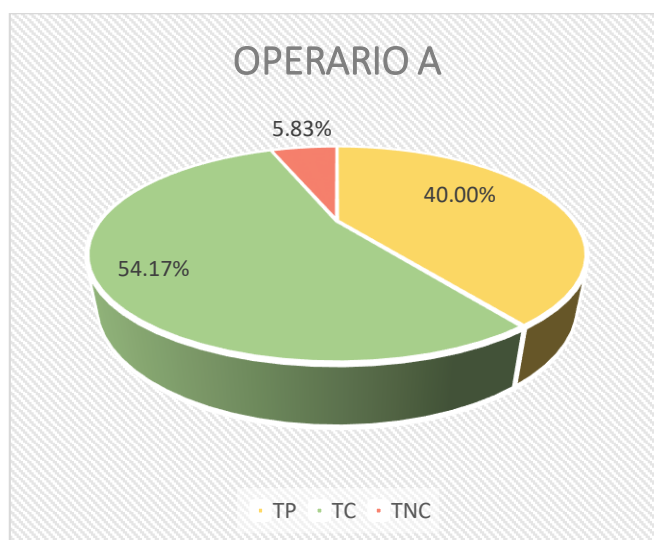


Figura 133 Ocupación del tiempo del Operario A en la partida de Instalaciones Eléctricas
Fuente: Elaboración propia

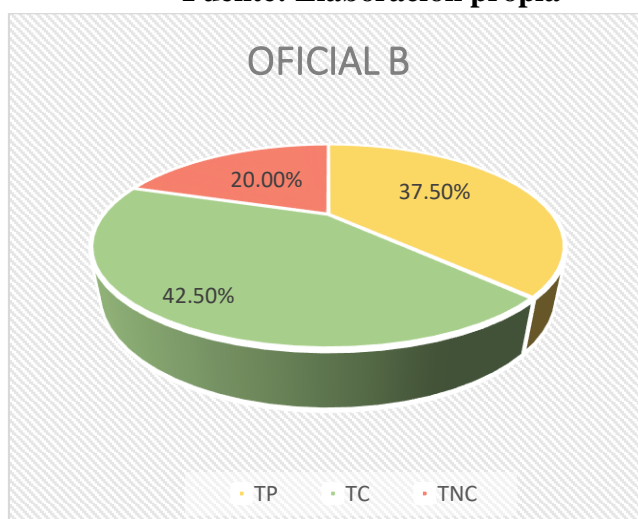


Figura 134 Ocupación del tiempo del Oficial B en la partida de Instalaciones Eléctricas
Fuente: Elaboración propia

4.2.15.3. Propuestas de mejoras

Una vez analizada la cuadrilla de Instalaciones Eléctricas la cual está conformada por 1 Operario y 1 Oficial, obteniendo como resultado porcentajes altos de TP y TC, se recomendó hacerle seguimiento mediante cronograma macro, dándole así un número determinado de días para que esta cuadrilla termine todo el metrado asignado, este seguimiento con el fin de evitar el cruce de actividades entre las diferentes especialidades

previos al vaciado de una losa, ya que se identificó mediante el análisis de cartas balance en la partida de Acero Losa, que las causas de los TNC de esta partida, se debían a esperas y/o trabajos rehechos como consecuencia de la intercepción de puntos de centros de luz con viguetas de losa; motivo por el cual se esperaba un replanteo y un trabajo rehecho.

4.3. Cuadros Resumen de Partidas Analizadas

Resultados sin Aplicación de Herramientas LEAN:

4.3.1. Habilitado y armado de Acero Losa

FECHA	TP	TC	TNC
dic-01	44.17%	31.67%	24.17%
dic-19	50.83%	27.50%	21.67%
dic-20	59.58%	23.75%	16.67%
PROM	51.53%	27.64%	20.83%

Tabla 4 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de Habilitado y armado de acero losa.

Fuente: Elaboración propia

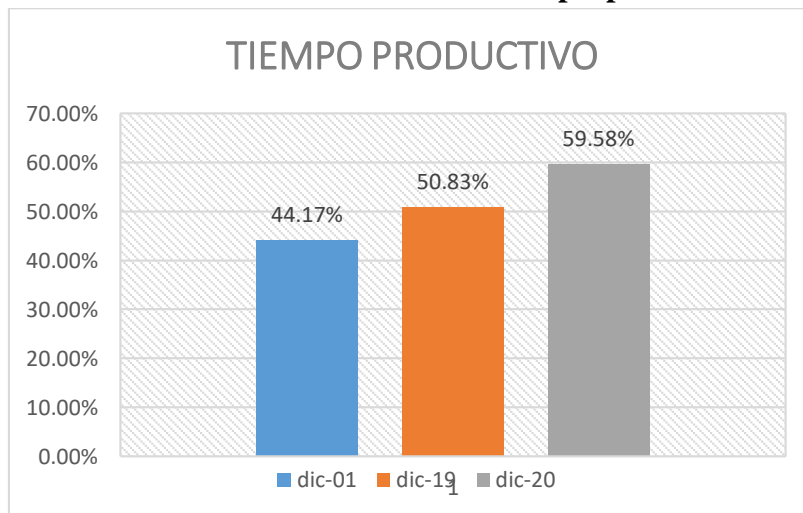


Figura 135 Tiempo Productivo en la partida de Habilitado y armado de acero losa.

Fuente: Elaboración propia

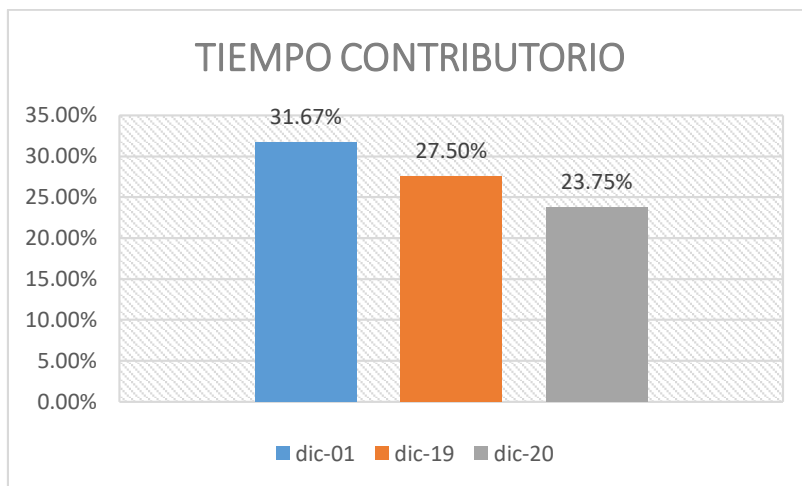


Figura 136 Tiempo Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero losa.

Fuente: Elaboración propia

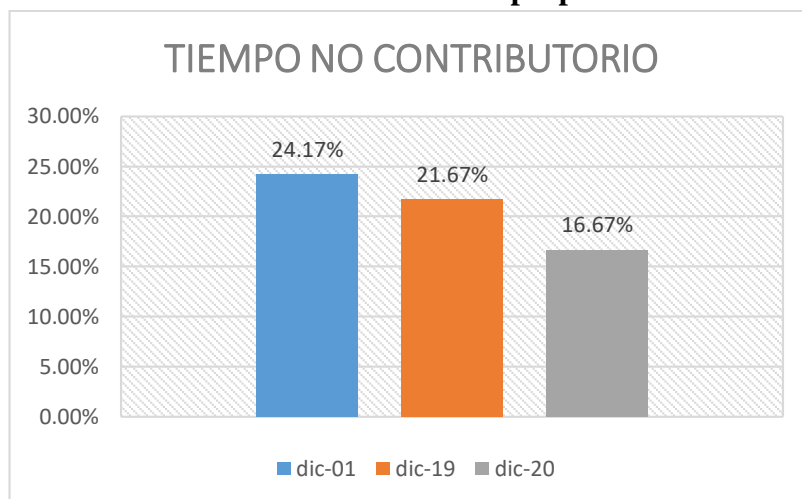


Figura 137 Tiempo No Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero losa.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Habilitado y armado de Acero Vigas

FECHA	TP	TC	TNC
dic-01	44.17%	31.67%	24.17%
dic-06	54.17%	25.00%	20.83%
dic-09	43.75%	36.25%	20.00%
dic-12	49.58%	36.67%	13.75%
dic-14	42.08%	36.67%	21.25%
PROM	46.75%	33.25%	20.00%

Tabla 5 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de Habilitado y armado de acero vigas.

Fuente: Elaboración propia

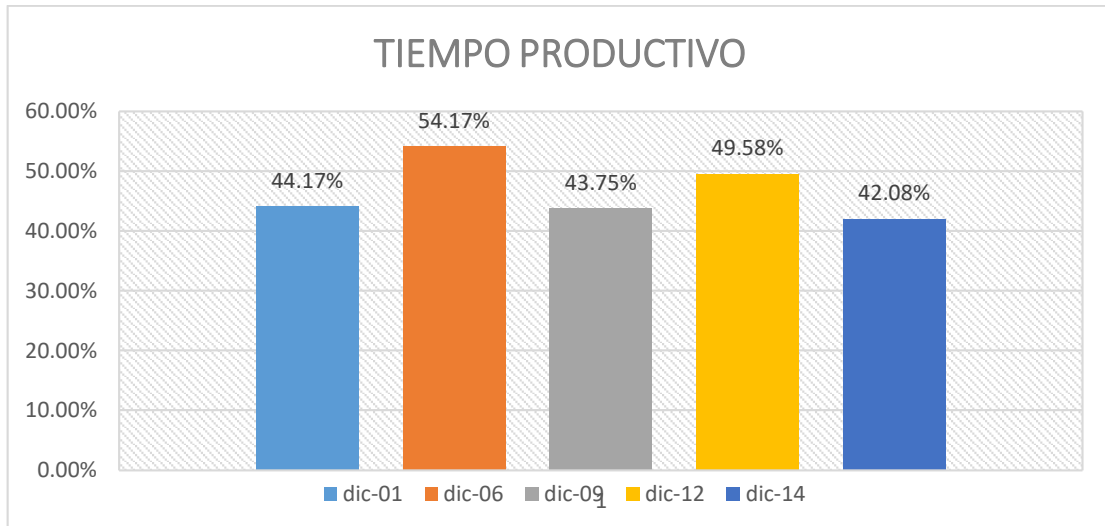


Figura 138 Tiempo Productivo en la partida de Habilitado y armado de acero vigas.

Fuente: Elaboración propia

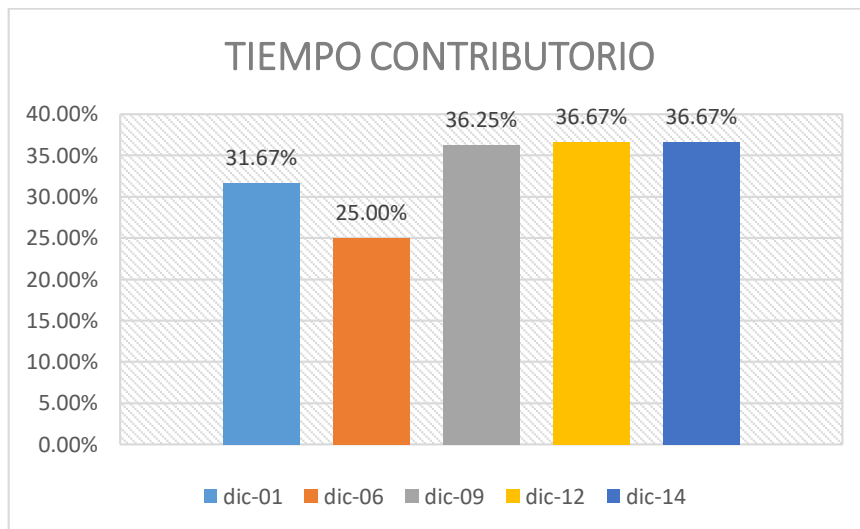


Figura 139 Tiempo Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero vigas.

Fuente: Elaboración propia

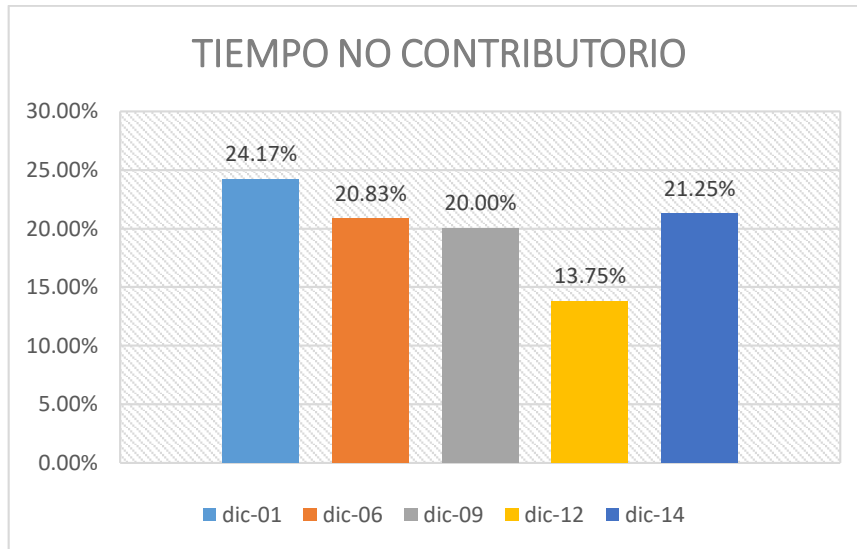


Figura 140 Tiempo No Contributivo en la partida de Habilitado y armado de acero vigas.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Habilitado y armado de Acero Columnas:

FECHA	TP	TC	TNC
dic-05	58.75%	25.42%	15.83%
dic-12	56.25%	28.75%	15.00%
dic-15	52.92%	25.42%	21.67%
dic-18	50.00%	24.58%	25.42%
dic-19	40.00%	40.42%	19.58%
dic-22	46.25%	34.58%	19.17%
PROM	51.58%	28.92%	19.50%

Tabla 6 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de Habilitado y armado de acero columnas.

Fuente: Elaboración propia

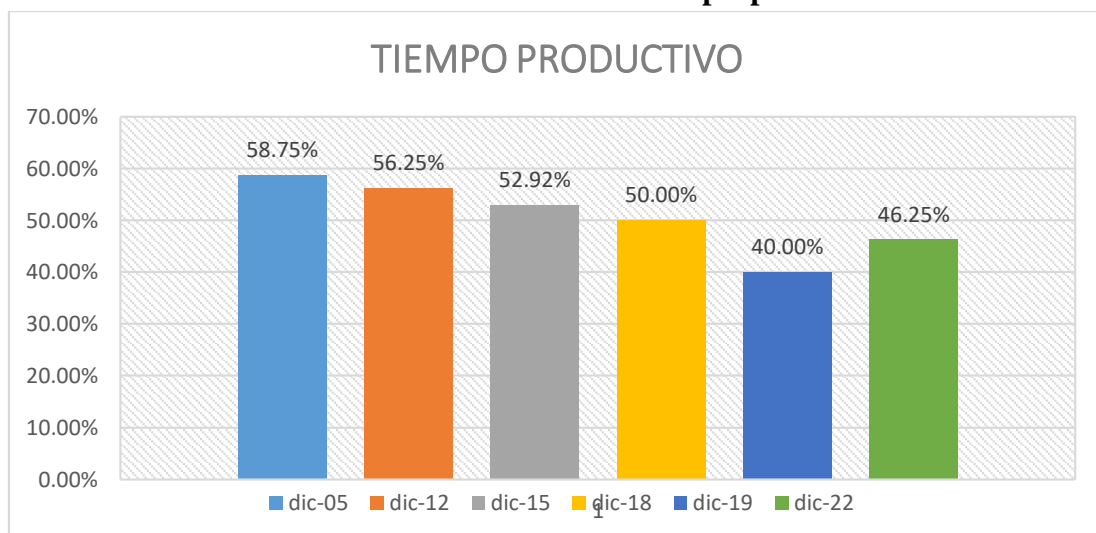


Figura 141 Tiempo Productivo en la partida de Habilitado y armado de acero columnas.

Fuente: Elaboración propia

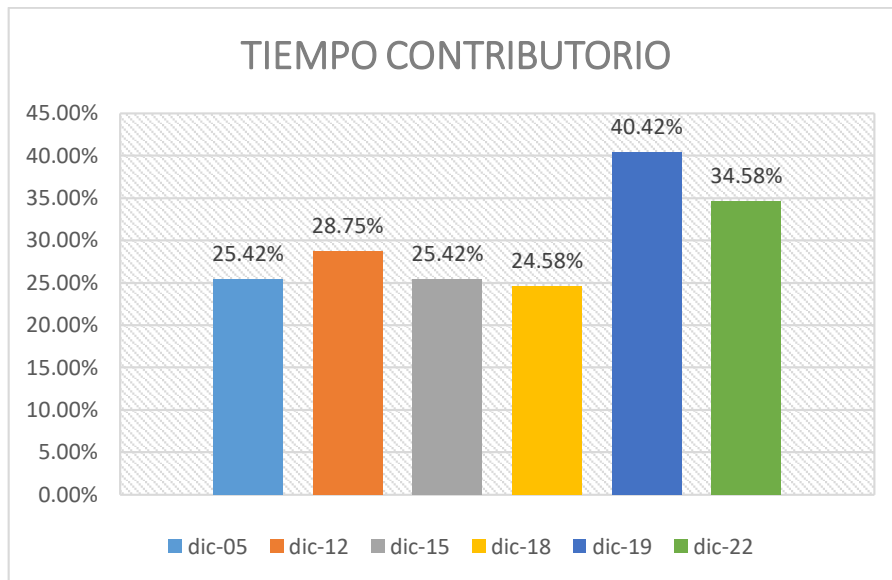


Figura 142 Tiempo Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero columnas.

Fuente: Elaboración propia

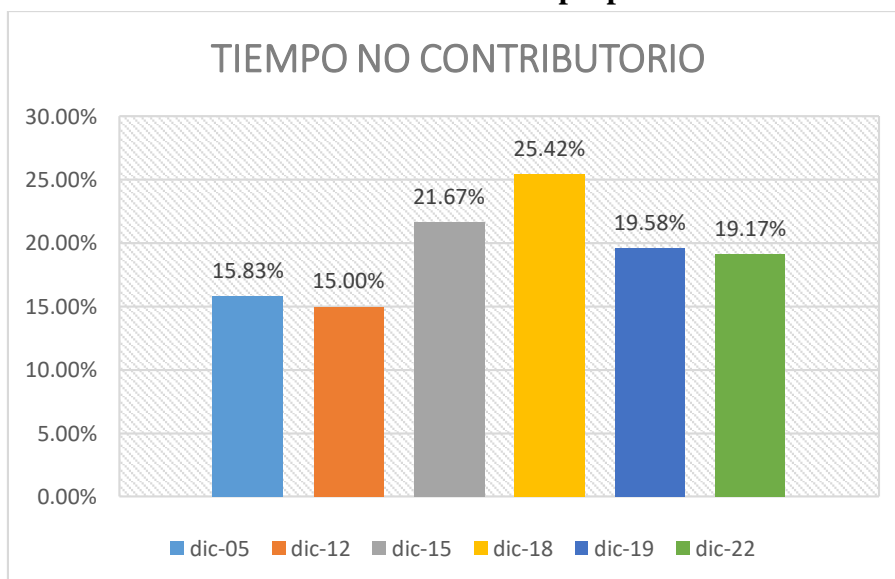


Figura 143 Tiempo No Contributorio en la partida de Habilitado y armado de acero columnas.

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Encofrado Columnas:

FECHA	TP	TC	TNC
dic-01	41.67%	36.11%	22.22%
dic-02	43.89%	34.72%	21.39%
dic-04	40.83%	39.17%	20.00%
dic-05	45.42%	32.50%	22.08%
dic-11	40.83%	38.75%	20.42%
dic-12	40.42%	39.58%	20.00%
dic-15	42.92%	35.83%	21.25%
dic-21	45.00%	33.33%	21.67%
PROM	42.62%	36.25%	21.13%

Tabla 7 Cuadro Resumen en la Partida de encofrado columnas.

Fuente: Elaboración propia

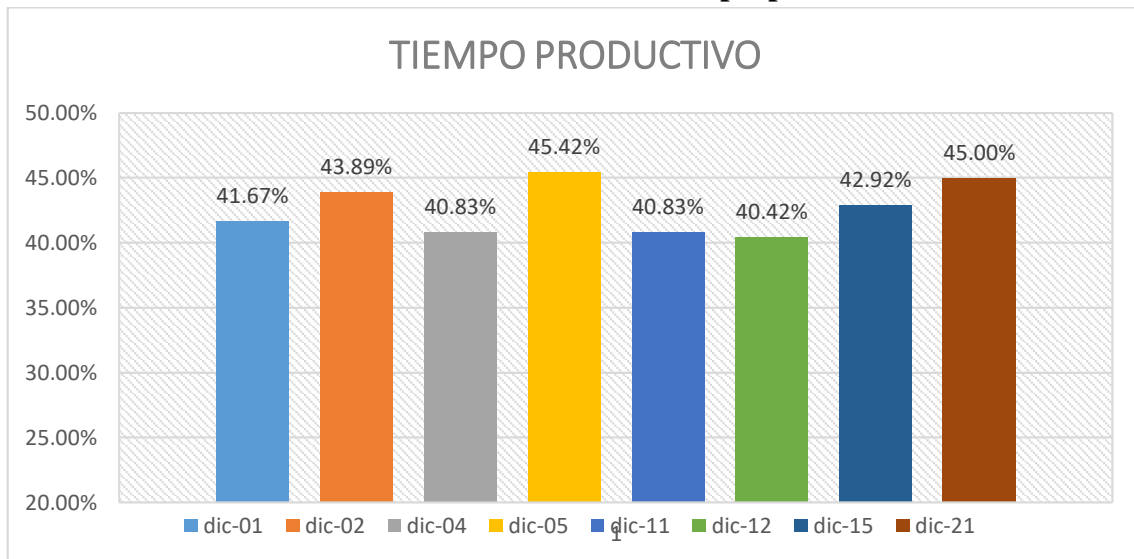


Figura 144 Tiempo Productivo en la partida de encofrado columnas.

Fuente: Elaboración propia

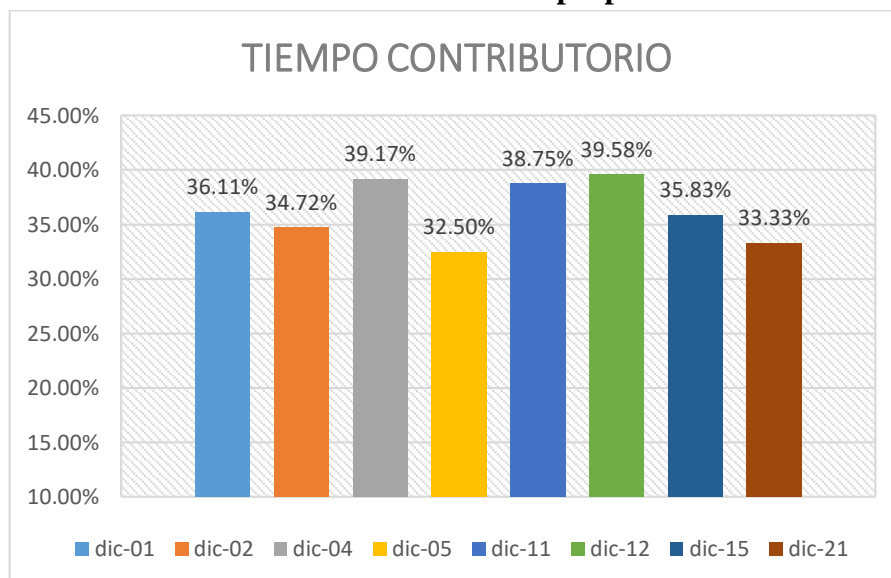


Figura 145 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado columnas.

Fuente: Elaboración propia

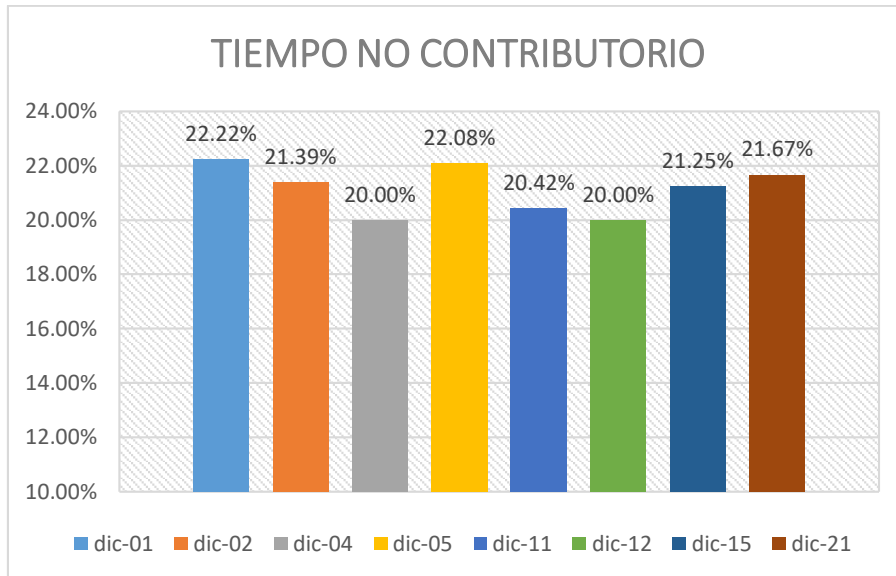


Figura 146 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado columnas.
Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Encofrado Vigas:

FECHA	TP	TC	TNC
dic-07	42.08%	37.50%	20.42%
dic-09	40.00%	36.67%	23.33%
dic-14	36.25%	43.75%	20.00%
dic-15	37.92%	40.42%	21.67%
dic-18	42.50%	33.75%	23.75%
dic-20	37.08%	42.08%	20.83%
dic-23	41.25%	35.00%	23.75%
PROM	39.58%	38.45%	21.96%

Tabla 8 Cuadro Resumen en la Partida de encofrado vigas.
Fuente: Elaboración propia

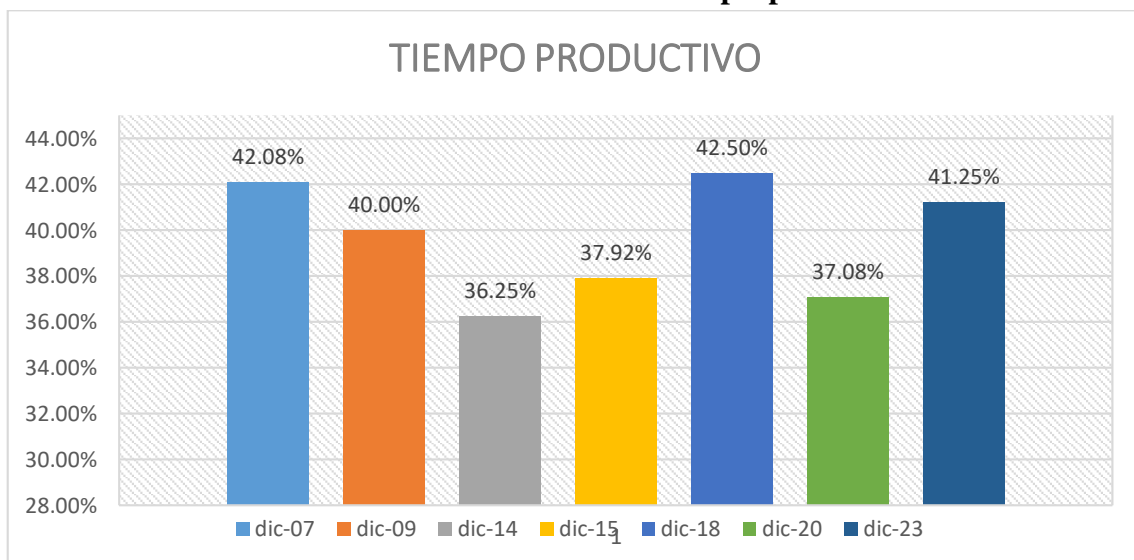


Figura 147 : Tiempo Productivo en la partida de encofrado vigas.
Fuente: Elaboración propia

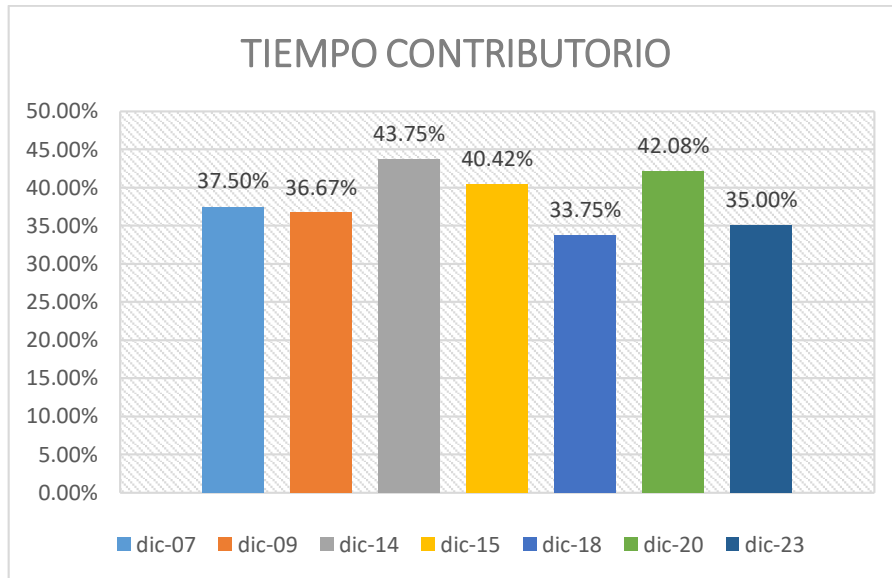


Figura 148 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado vigas.
Fuente: Elaboración propia

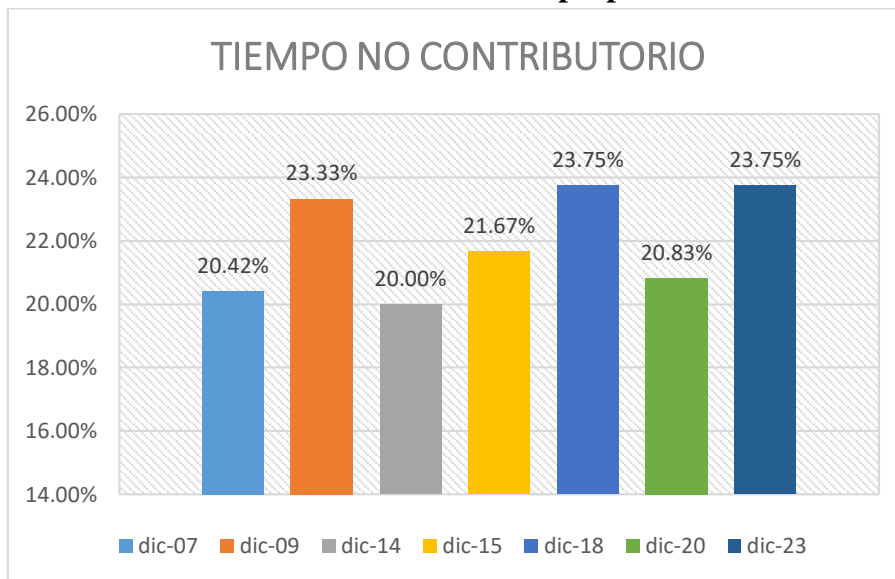


Figura 149 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado vigas.
Fuente: Elaboración propia

4.3.6. Encofrado Losa:

FECHA	TP	TC	TNC
dic-06	37.92%	40.83%	21.25%
dic-11	32.92%	50.42%	16.67%
dic-15	37.92%	42.50%	19.58%
dic-16	38.33%	39.58%	22.08%
dic-18	37.50%	37.92%	24.58%
dic-19	36.67%	38.75%	24.58%
dic-20	38.75%	36.67%	24.58%
PROM	37.14%	40.95%	21.90%

Tabla 9 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de encofrado losa.

Fuente: Elaboración propia

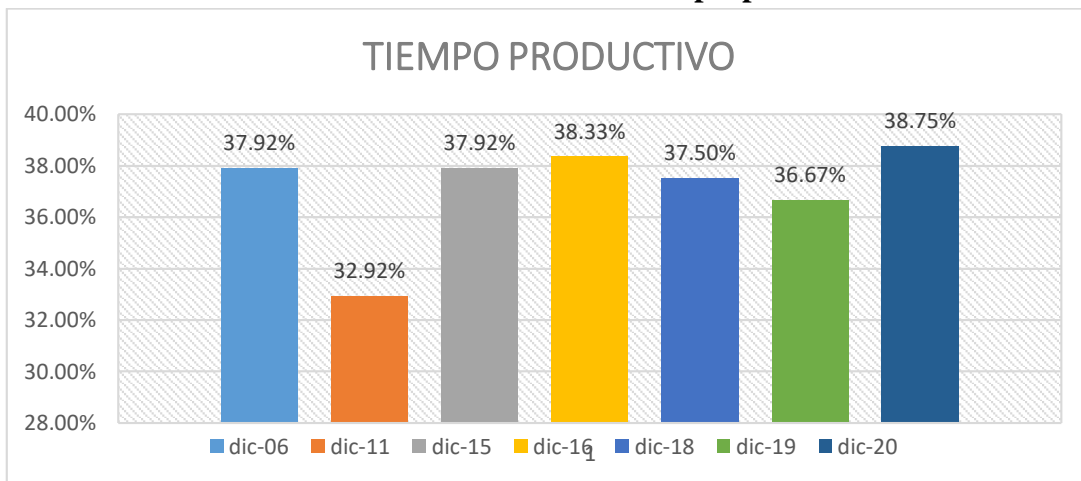


Figura 150 Tiempo Productivo en la partida de encofrado losa.

Fuente: Elaboración propia

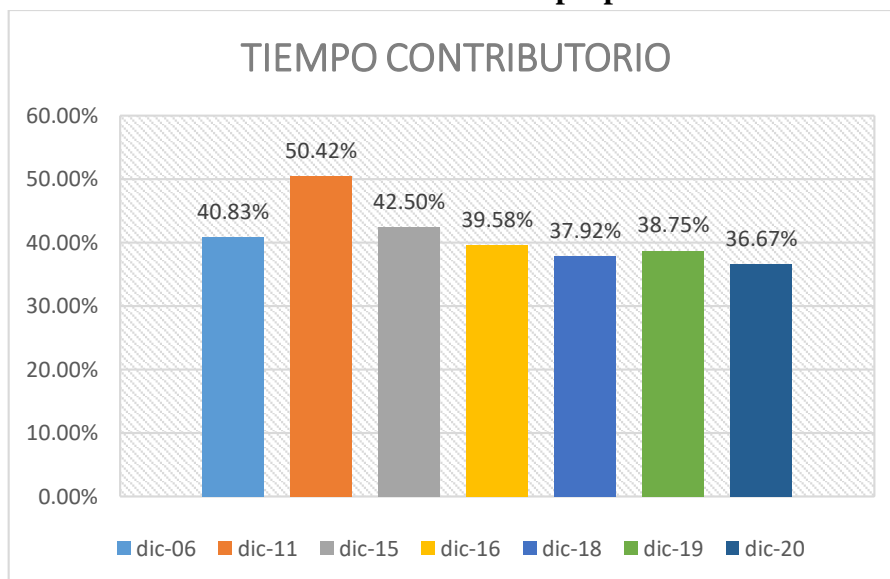


Figura 151 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado losa.

Fuente: Elaboración propia

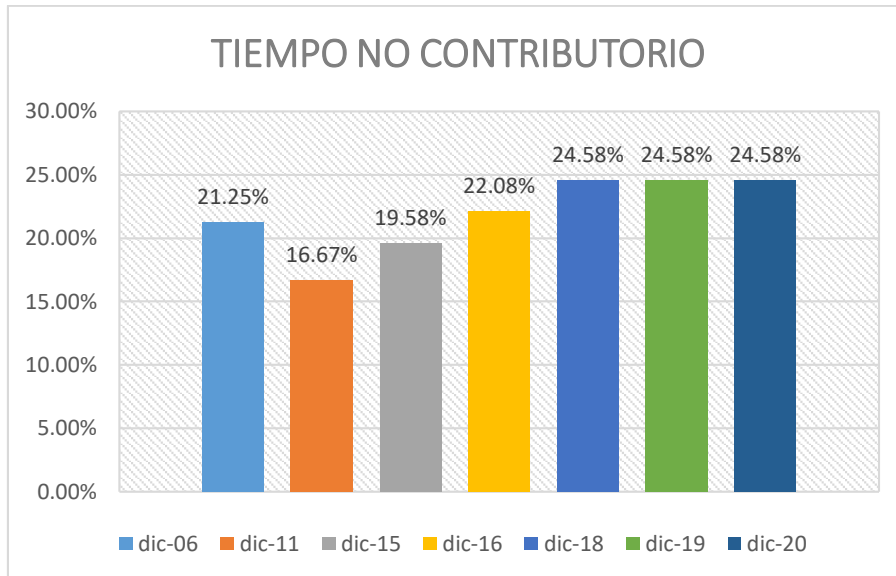


Figura 152 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado losa.
Fuente: Elaboración propia

4.3.7. Asentado Muros de Ladrillo

FECHA	TP	TC	TNC
dic-04	48.75%	40.83%	10.42%
dic-07	48.75%	33.75%	17.50%
dic-09	45.42%	37.50%	17.08%
dic-14	46.25%	34.58%	19.17%
dic-15	50.00%	35.42%	14.58%
dic-16	44.17%	36.25%	19.58%
dic-18	52.50%	34.17%	13.33%
PROM	47.98%	36.07%	15.95%

Tabla 10 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos en la Partida de asentado muros de ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

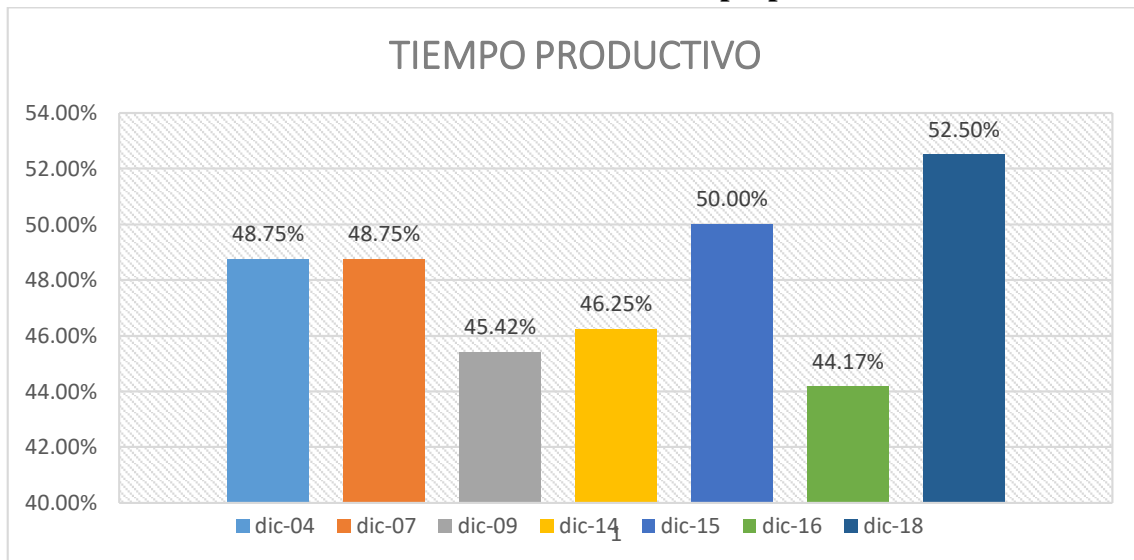


Figura 153 Tiempo Productivo en la partida de asentado muros de ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

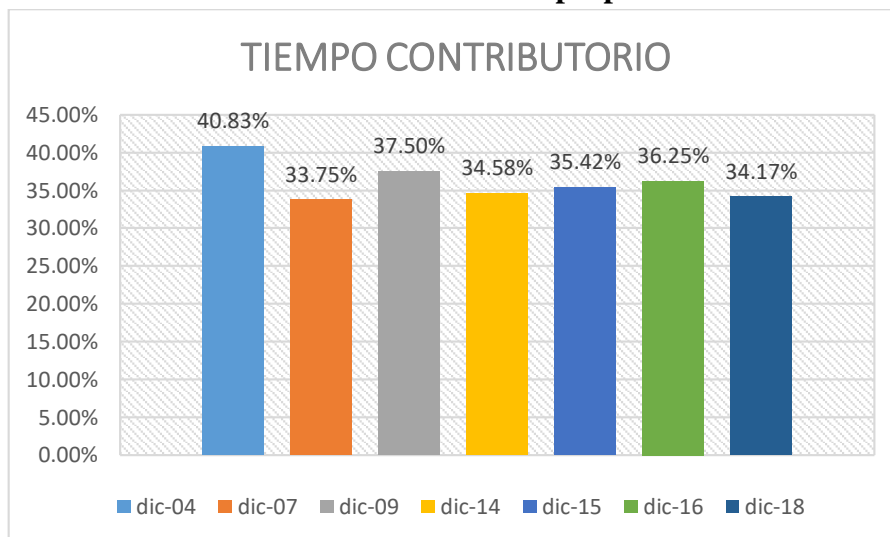


Figura 154 Tiempo Contributorio en la partida de asentado muros de ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

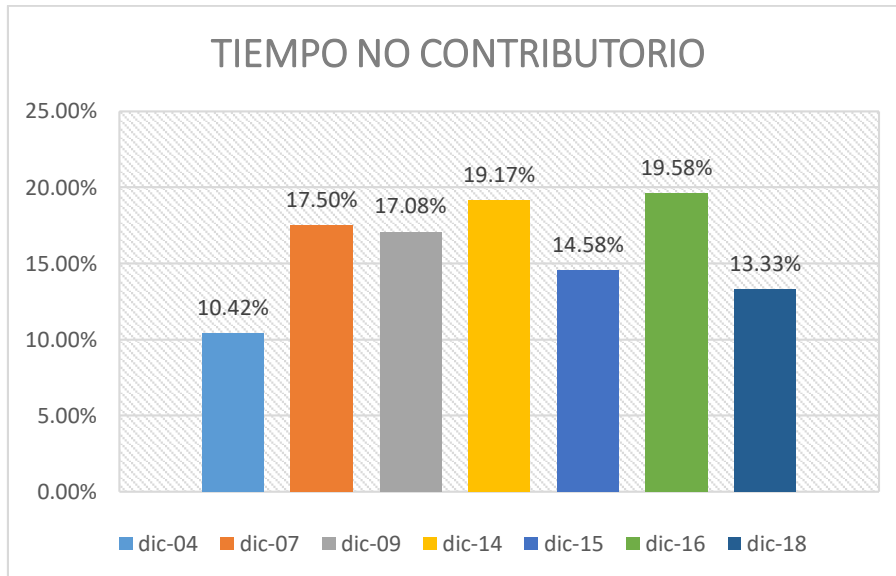


Figura 155 Tiempo No Contributorio en la partida de asentado muros de ladrillo.
Fuente: Elaboración propia

Resultados con la Aplicación de Herramientas LEAN:

4.3.8. Habilitado y armado de Acero Losa

FECHA	TP	TC	TNC
ene-03	58.75%	28.33%	12.92%
ene-04	51.25%	35.00%	13.75%
ene-23	65.83%	23.33%	10.83%
ene-27	68.33%	18.75%	12.92%
PROM	61.04%	26.35%	12.60%

Tabla 11 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Acero Losa
Fuente: Elaboración propia

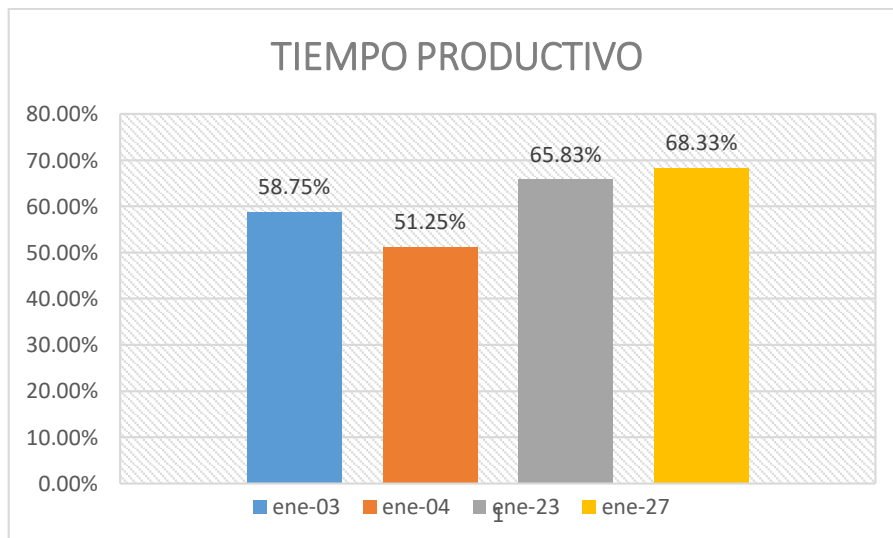


Figura 156 Tiempo Productivo en la partida de acero losa.
Fuente: Elaboración propia

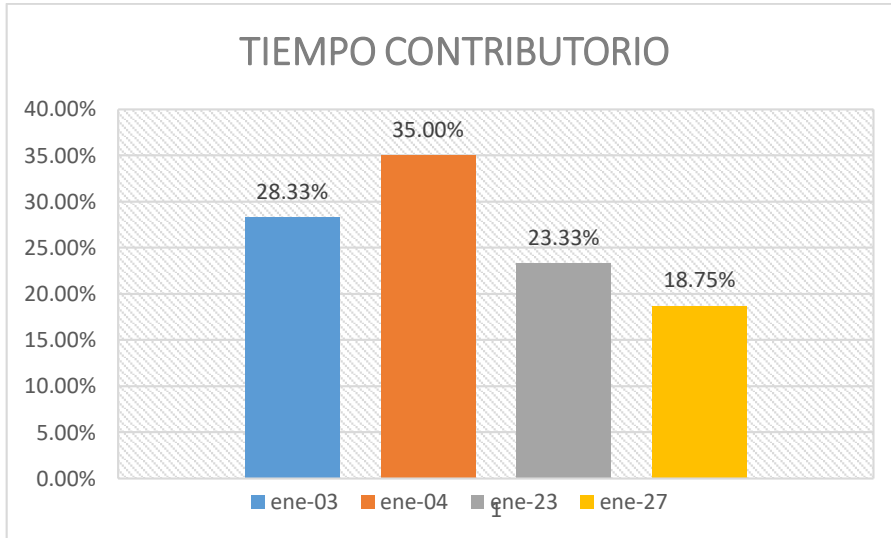


Figura 157 Tiempo Contributorio en la partida de acero losa.
Fuente: Elaboración propia

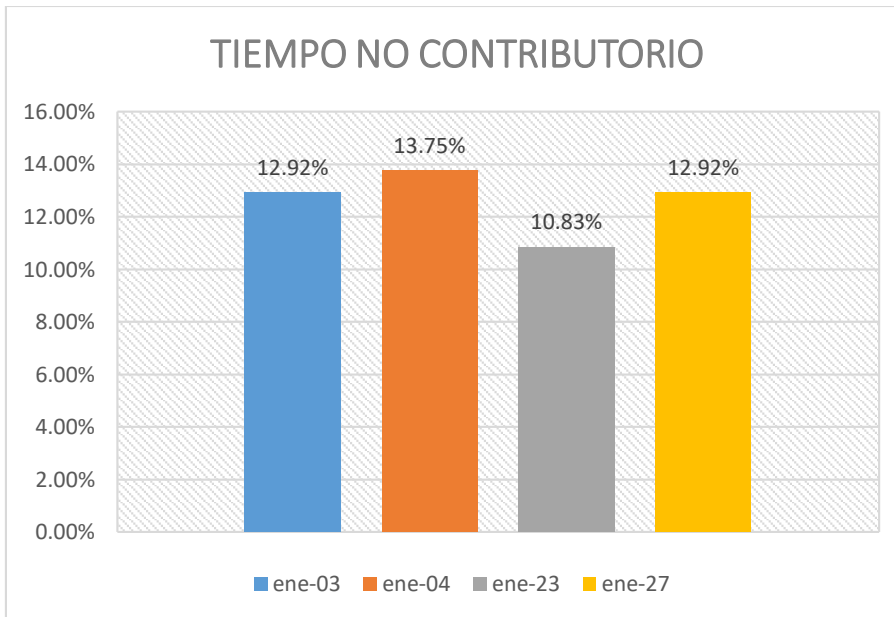
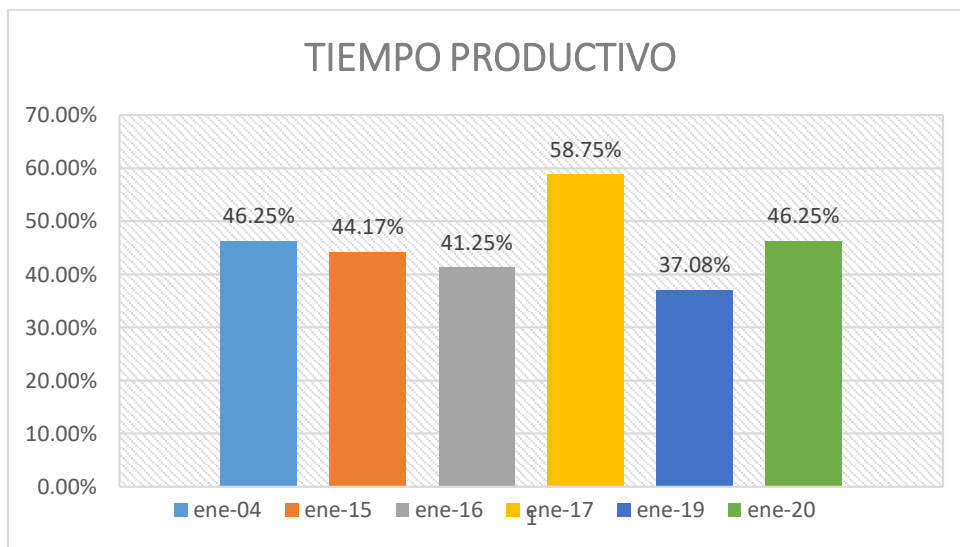


Figura 158 Tiempo NO Contributorio en la partida de acero losa.
Fuente: Elaboración propia

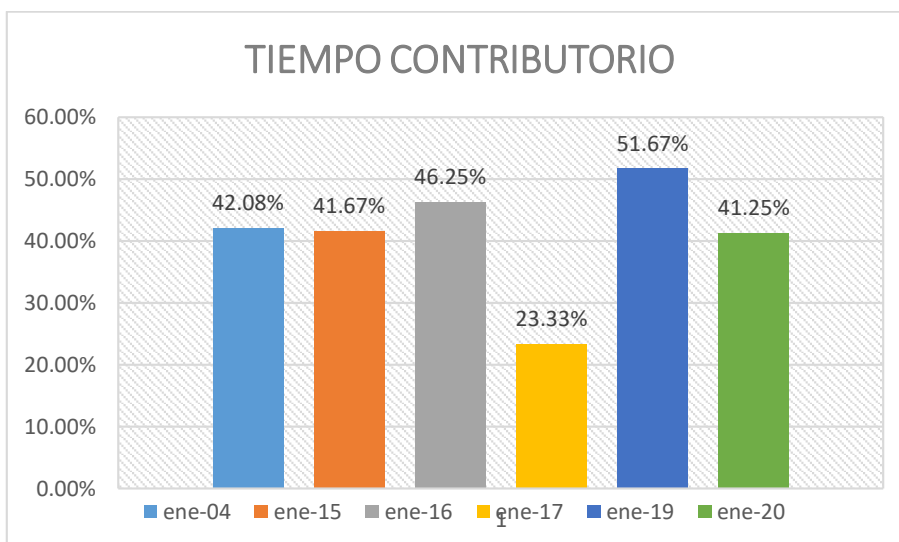
4.3.9. Habilitado y armado de Acero Vigas:

FECHA	TP	TC	TNC
ene-04	46.25%	42.08%	11.67%
ene-15	44.17%	41.67%	14.17%
ene-16	41.25%	46.25%	12.50%
ene-17	58.75%	23.33%	17.92%
ene-19	37.08%	51.67%	11.25%
ene-20	46.25%	41.25%	12.50%
PROM	45.63%	41.04%	13.33%

**Tabla 12 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Acero Vigas
Fuente: Elaboración propia**



**Figura 159 Tiempo Productivo en la partida de acero vigas
Fuente: Elaboración propia**



**Figura 160 Tiempo Contributorio en la partida de acero vigas.
Fuente: Elaboración propia**

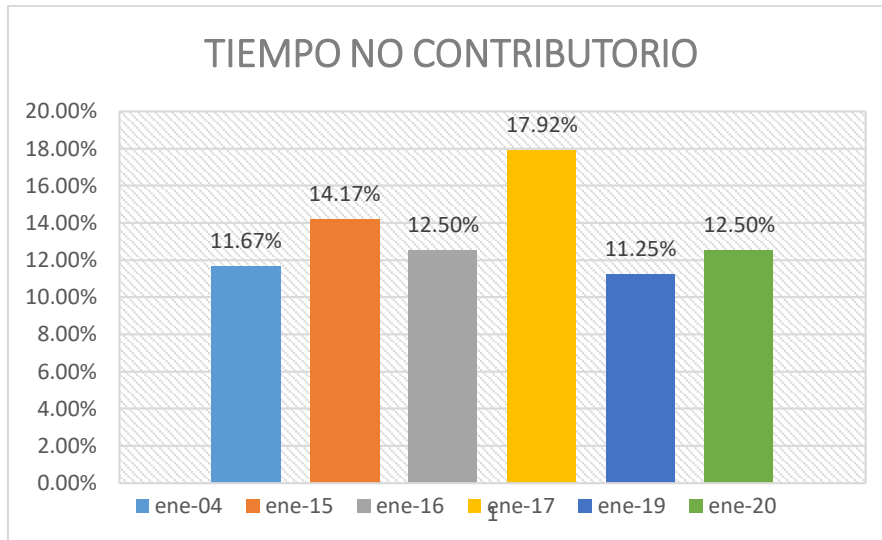


Figura 161 Tiempo No Contributorio en la partida de acero vigas.
Fuente: Elaboración propia

4.3.10. Habilitado y armado de Acero Columnas:

FECHA	TP	TC	TNC
ene-03	61.67%	26.67%	11.67%
ene-06	50.83%	33.33%	15.83%
ene-10	51.25%	35.00%	13.75%
ene-13	60.42%	24.58%	15.00%
ene-19	47.08%	35.83%	17.08%
ene-25	54.58%	29.58%	15.83%
ene-26	60.00%	22.50%	17.50%
PROM	55.12%	29.64%	15.24%

Tabla 13 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Acero Columnas
Fuente: Elaboración propia

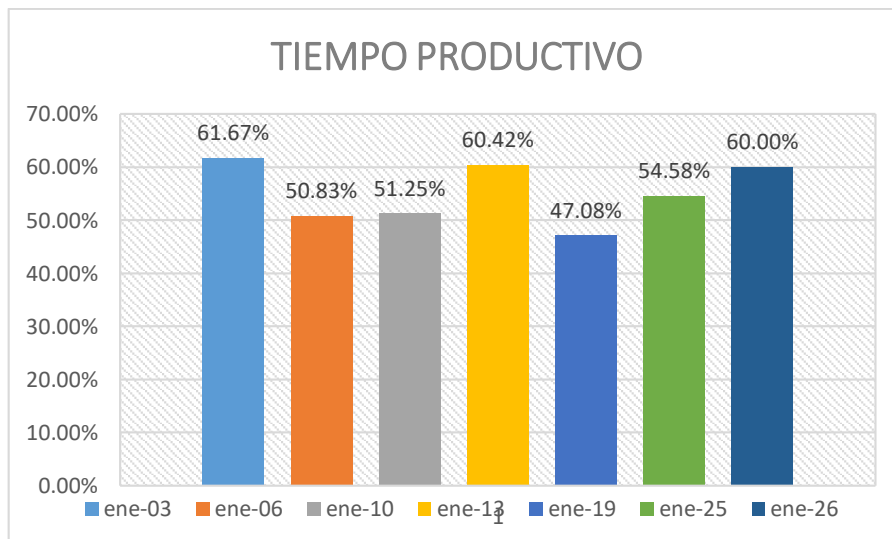


Figura 162 Tiempo Productivo en la partida de acero columnas.
Fuente: Elaboración propia

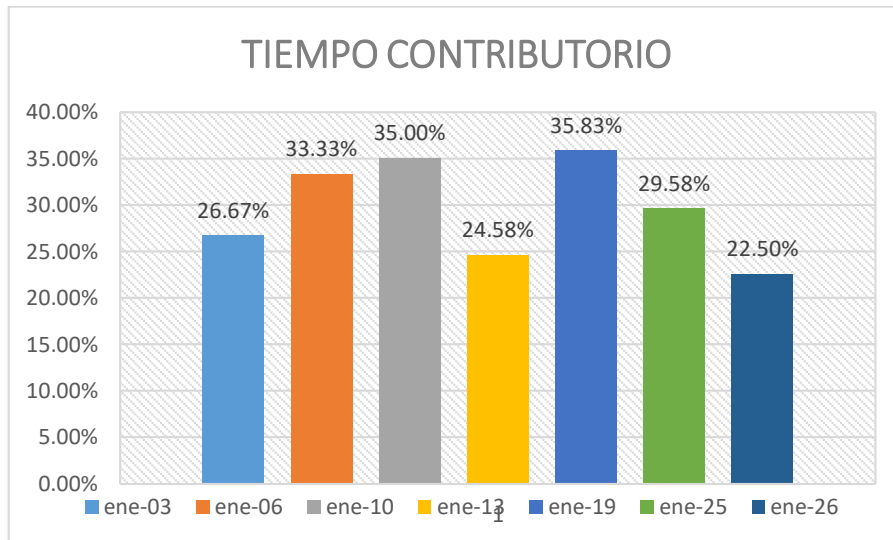


Figura 163 Tiempo Contributorio en la partida de acero columnas.
Fuente: Elaboración propia

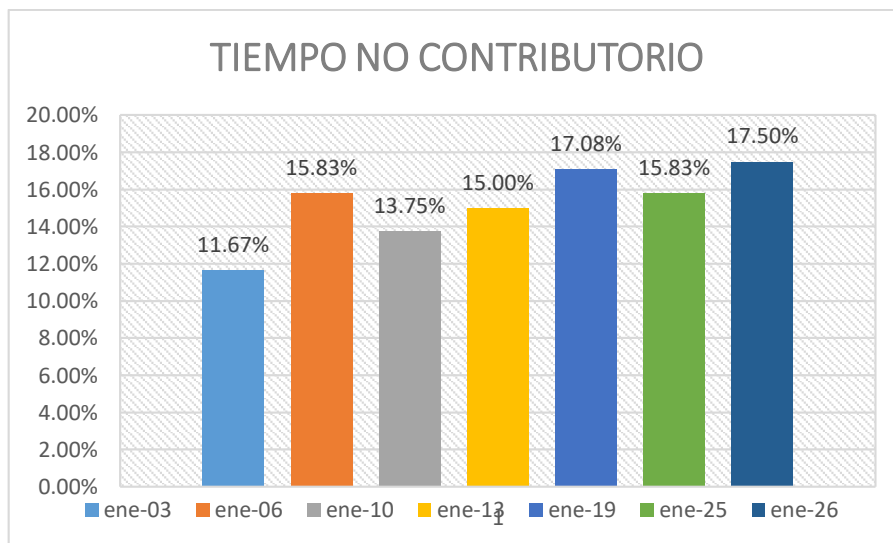


Figura 164 Tiempo No Contributorio en la partida de acero columnas.
Fuente: Elaboración propia

4.3.11. Encofrado Columnas:

FECHA	TP	TC	TNC
ene-13	53.33%	32.50%	14.17%
ene-15	50.42%	36.67%	12.92%
ene-16	44.58%	41.67%	13.75%
ene-17	50.83%	36.67%	12.50%
ene-23	50.83%	35.00%	14.17%
PROM	50.00%	36.50%	13.50%

Tabla 14 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Encofrado Columnas

Fuente: Elaboración propia

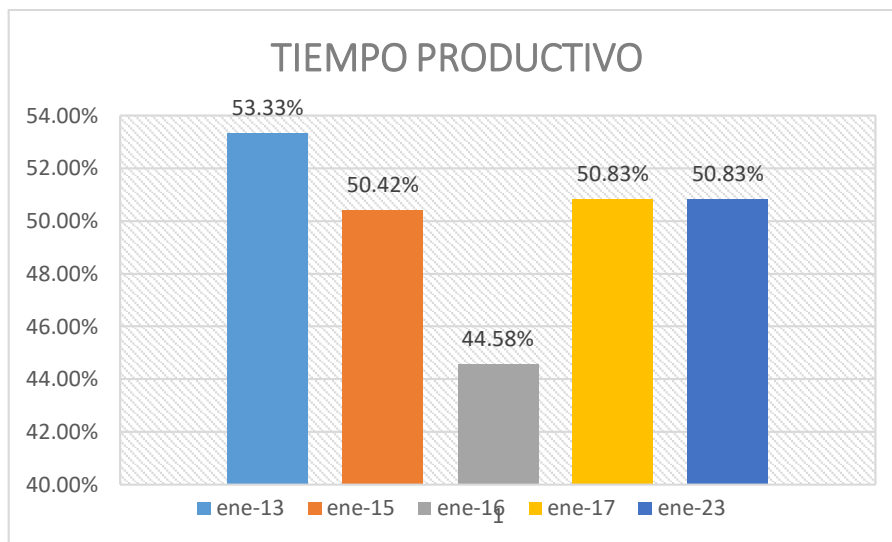


Figura 165 Tiempo Productivo en la partida de encofrado columnas.

Fuente: Elaboración propia

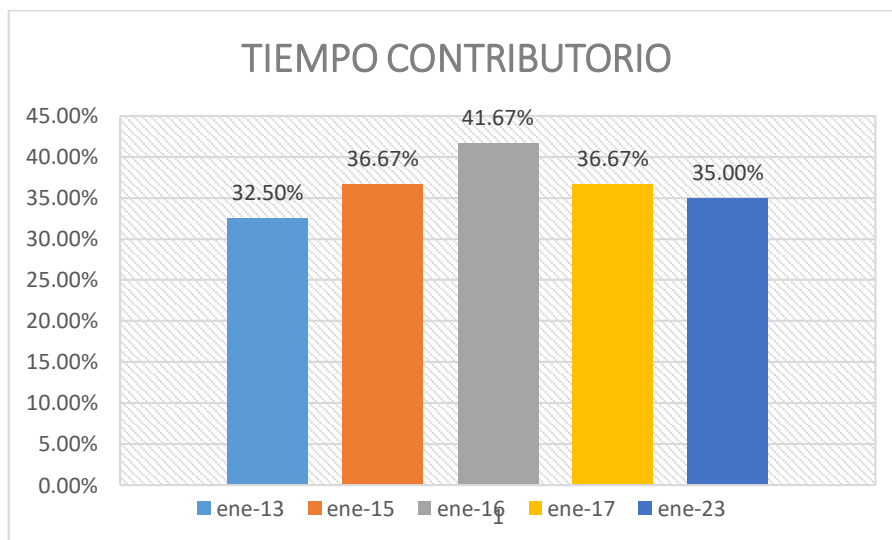


Figura 166 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado columnas

Fuente: Elaboración propia

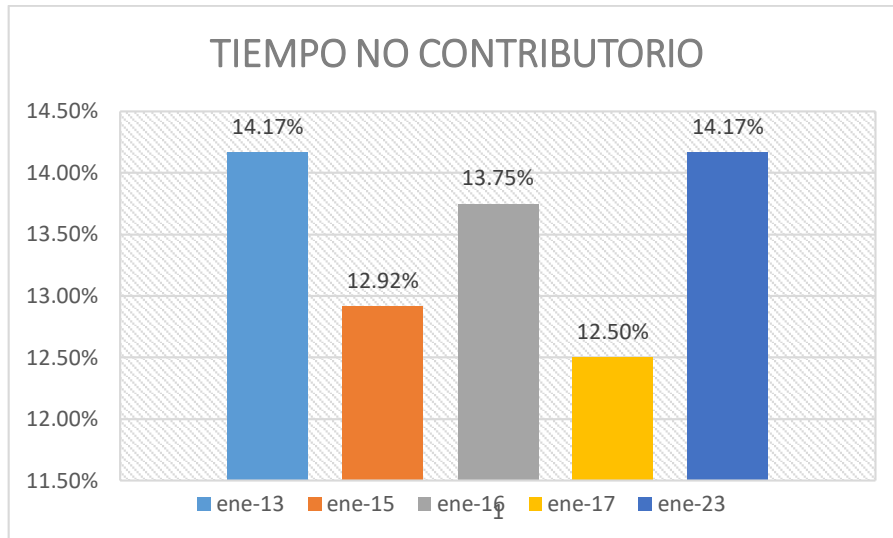


Figura 167 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado columnas.
Fuente: Elaboración propia

4.3.12. Encofrado Vigas:

FECHA	TP	TC	TNC
ene-03	43.75%	41.67%	14.58%
ene-05	45.83%	40.42%	13.75%
ene-18	40.00%	42.50%	17.50%
ene-19	42.08%	44.17%	13.75%
ene-20	39.17%	46.25%	14.58%
ene-24	49.58%	37.50%	12.92%
ene-29	47.08%	35.83%	17.08%
ene-30	48.75%	32.92%	18.33%
PROM	44.53%	40.16%	15.31%

Tabla 15 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Encofrado Vigas
Fuente: Elaboración propia

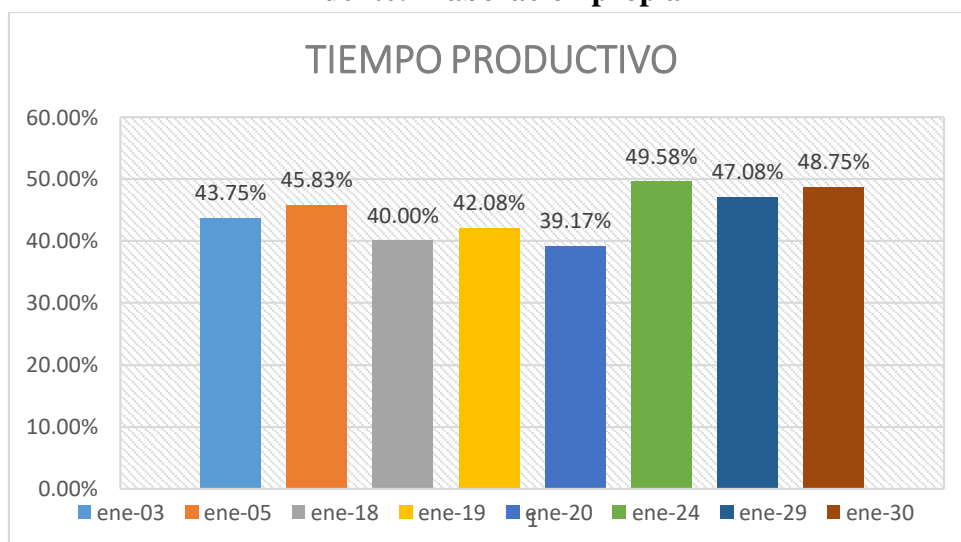


Figura 168 Tiempo Productivo en la partida de encofrado vigas.
Fuente: Elaboración propia

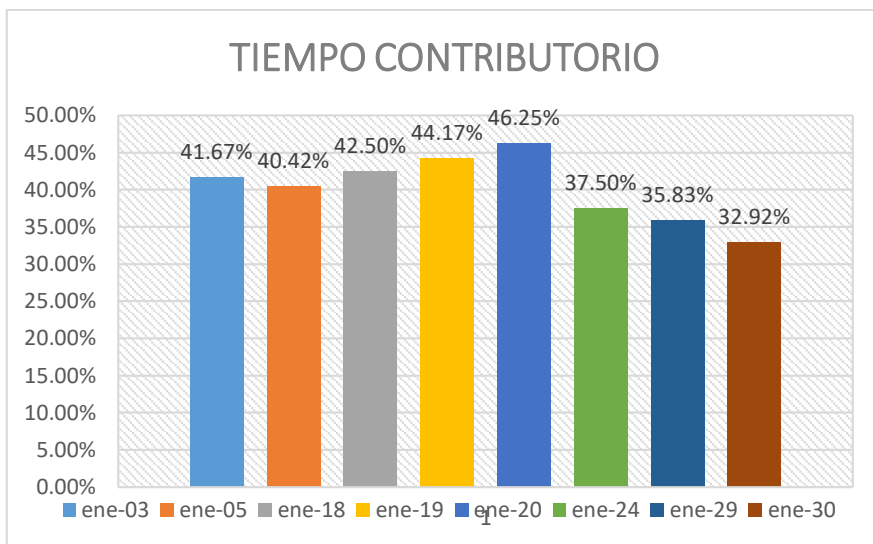


Figura 16869 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado vigas
Fuente: Elaboración propia

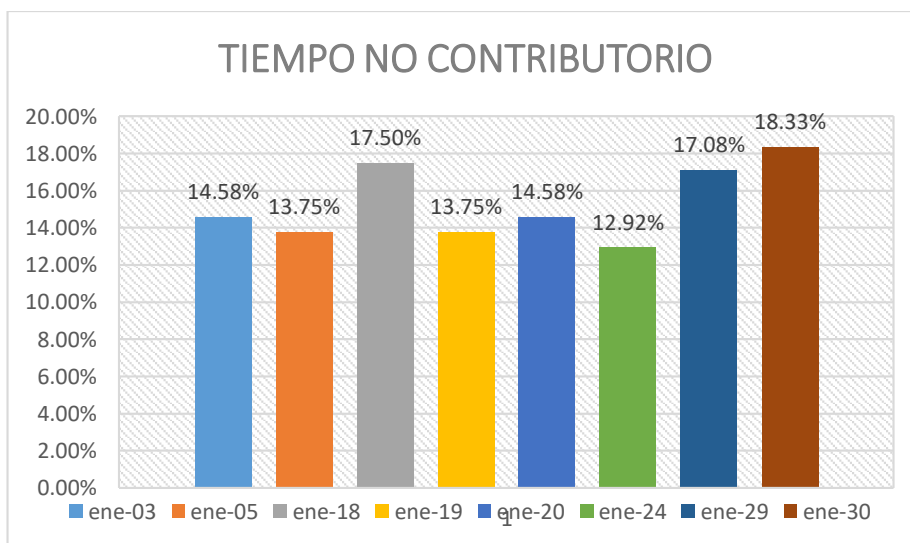


Figura 1690 Tiempo No Contributorio en la partida de encofrado vigas.
Fuente: Elaboración propia

4.3.13. Encofrado Losa:

FECHA	TP	TC	TNC
ene-03	43.33%	40.83%	15.83%
ene-04	34.17%	53.75%	12.08%
ene-18	42.08%	41.67%	16.25%
ene-19	40.83%	42.50%	16.67%
ene-22	45.83%	40.00%	14.17%
ene-25	40.42%	39.58%	20.00%
PROM	41.11%	43.06%	15.83%

Tabla 16 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida de Encofrado Losa
Fuente: Elaboración propia

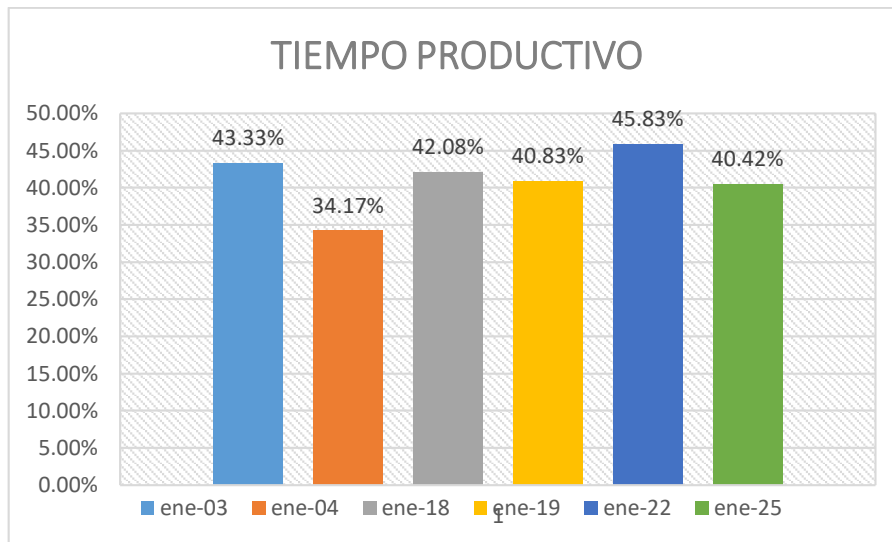


Figura 170 Tiempo Productivo en la partida de encofrado losa.
Fuente: Elaboración propia

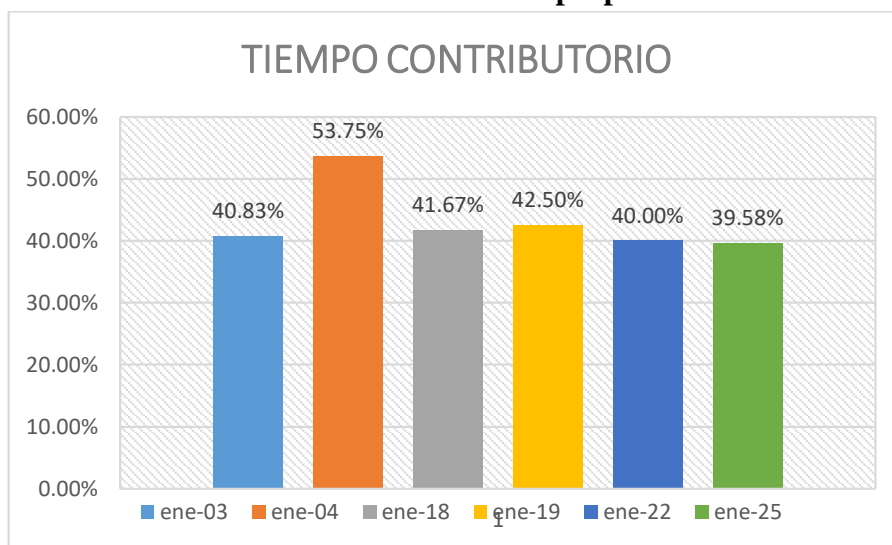


Figura 171 Tiempo Contributorio en la partida de encofrado losa.
Fuente: Elaboración propia

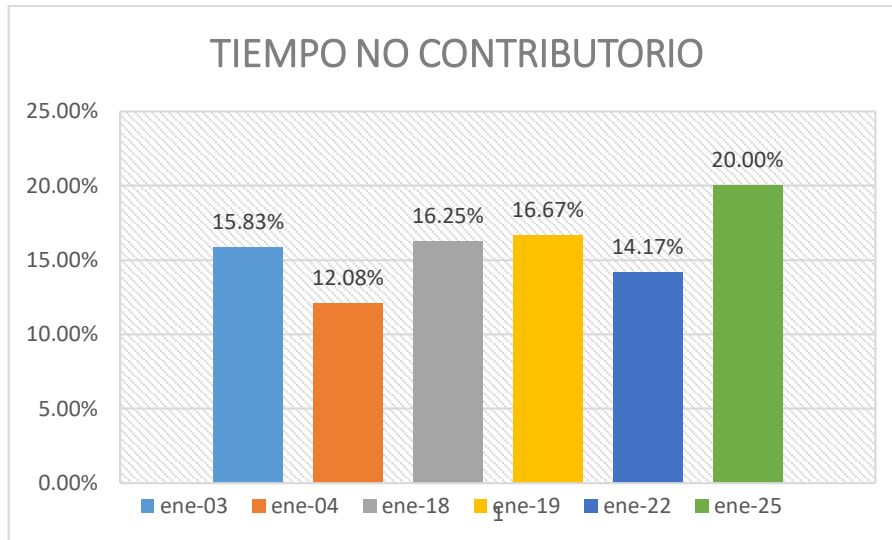


Figura 172 Tiempo No Contributivo en la partida de encofrado losa.
Fuente: Elaboración propia

4.3.14. Asentado Muros de Ladrillo:

FECHA	TP	TC	TNC
ene-03	40.00%	48.06%	11.94%
ene-06	50.00%	37.78%	12.22%
ene-13	46.67%	39.44%	13.89%
ene-15	36.94%	46.67%	16.39%
ene-16	43.61%	42.50%	13.89%
ene-17	45.00%	42.50%	12.50%
ene-22	44.17%	38.33%	17.50%
ene-23	43.33%	42.22%	14.44%
ene-24	45.56%	39.44%	15.00%
ene-25	45.56%	37.78%	16.67%
ene-26	42.50%	39.17%	18.33%
PROM	43.94%	41.26%	14.80%

Tabla 17 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida Asentado Muros de Ladrillo

Fuente: Elaboración propia

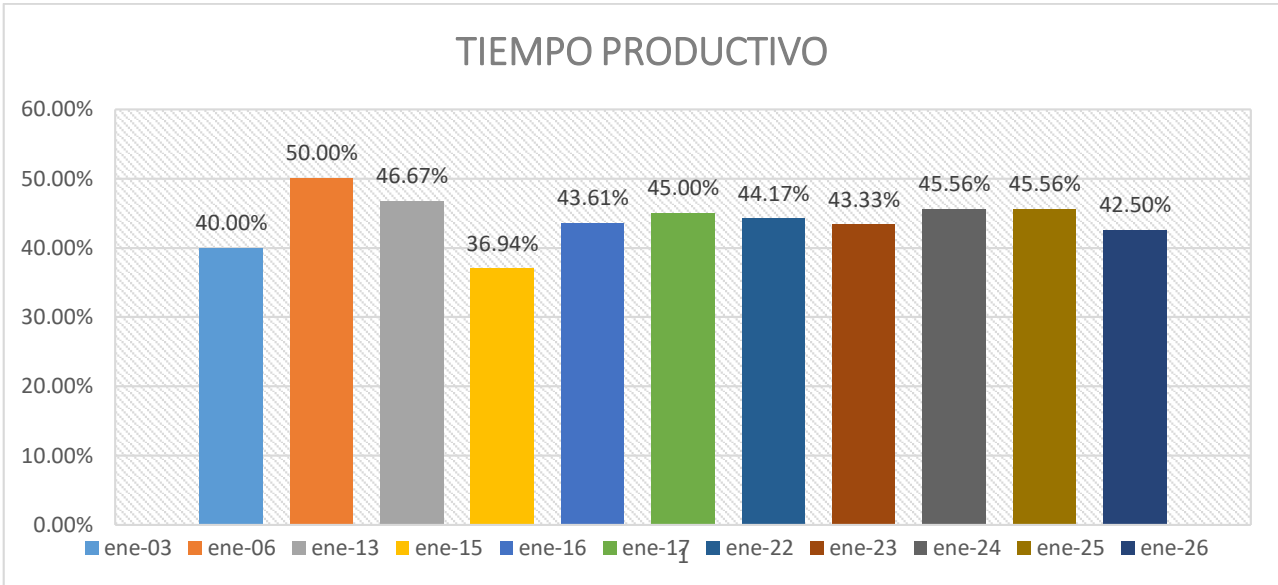


Figura 173 Tiempo Productivo en la partida de asentado de muros.

Fuente: Elaboración propia

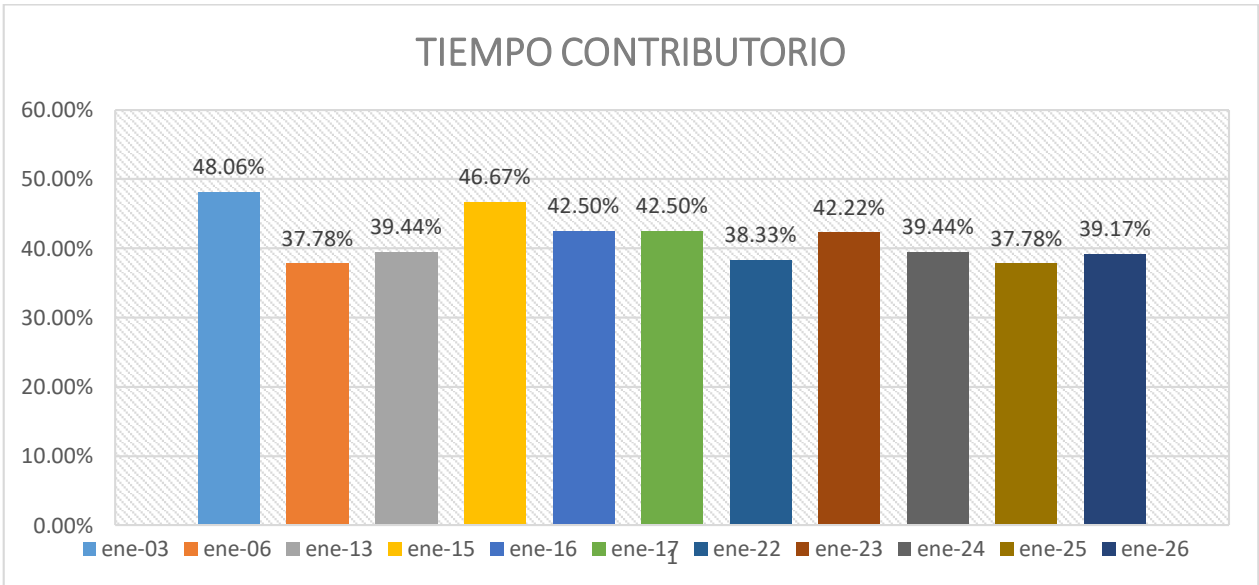


Figura 174 Tiempo Contributorio en la partida de asentado de muros.

Fuente: Elaboración propia

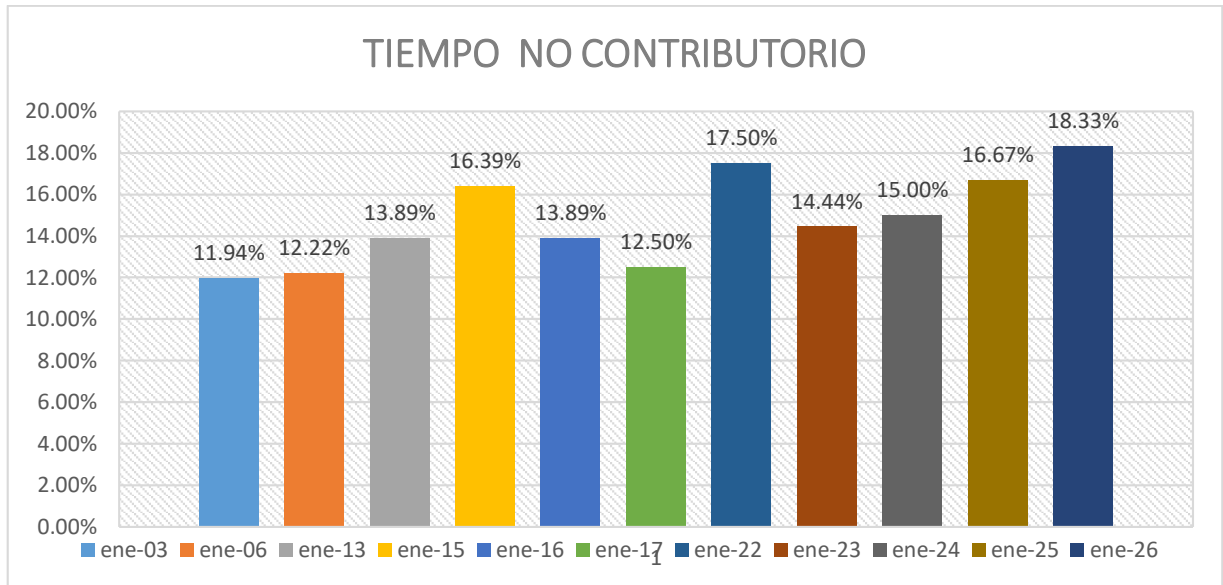


Figura 175 Tiempo No Contributorio en la partida de asentado de muros.
Fuente: Elaboración propia

4.3.15. Tarrajeo de Losa:

FECHA	TP	TC	TNC
ene-08	46.39%	43.06%	10.56%
ene-09	46.11%	41.67%	12.22%
ene-10	48.06%	41.11%	10.83%
ene-11	47.22%	39.17%	13.61%
ene-15	48.89%	37.78%	13.33%
ene-18	49.72%	35.56%	14.72%
ene-19	51.94%	35.28%	12.78%
ene-20	41.11%	46.67%	12.22%
ene-23	48.33%	39.17%	12.50%
PROM	47.53%	39.94%	12.53%

Tabla 18 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida Tarrajeo de Losa
Fuente: Elaboración propia

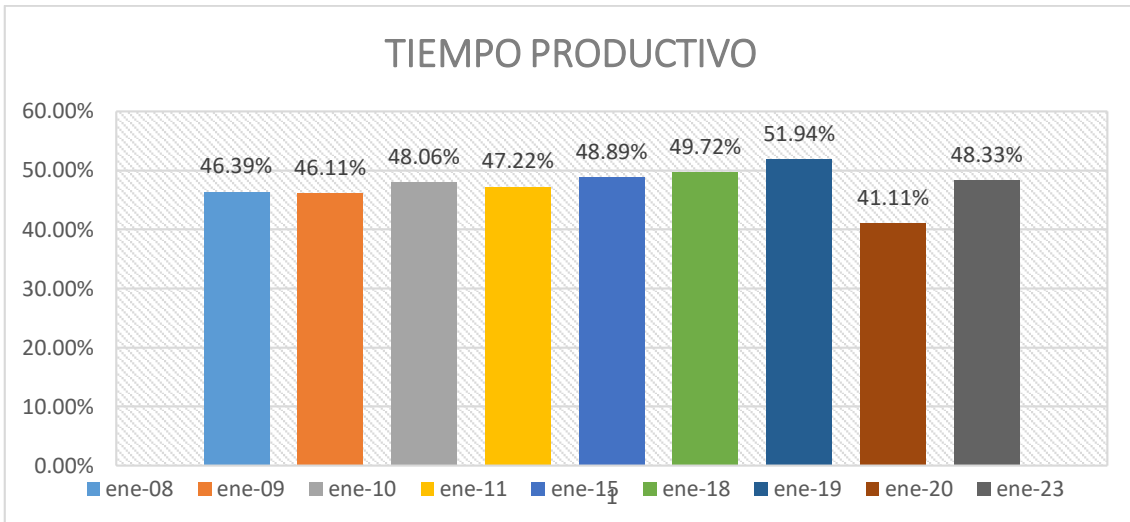


Figura 176 Tiempo Productivo en la partida de tarrajeo de losa.

Fuente: Elaboración propia

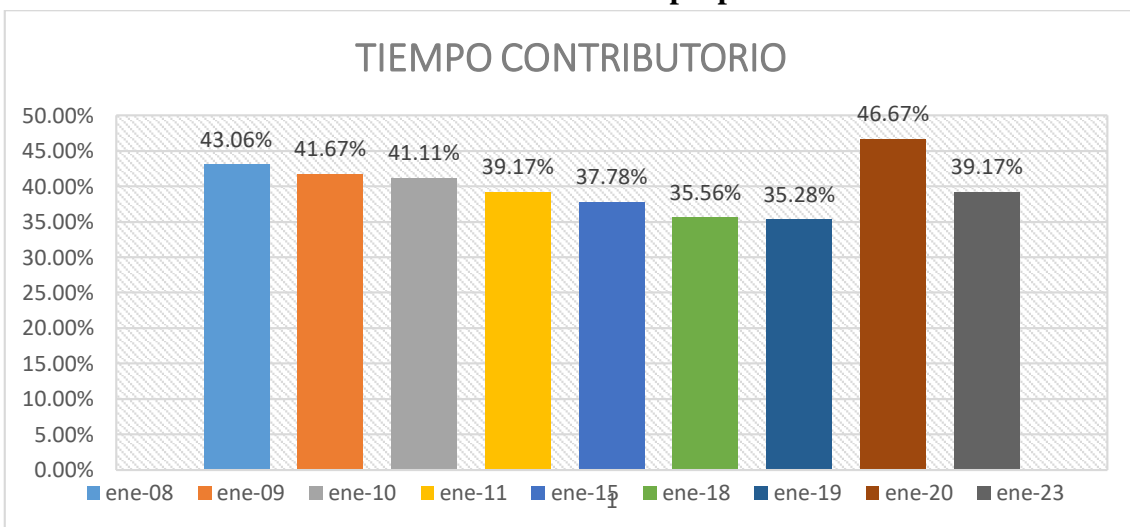


Figura 177 Tiempo Contributorio en la partida de tarrajeo de losa.

Fuente: Elaboración propia

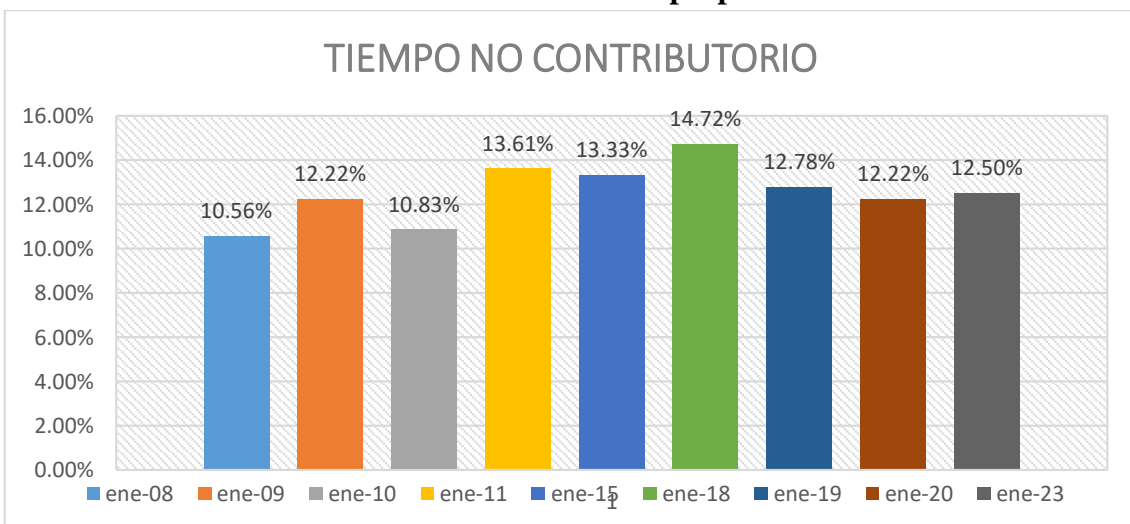


Figura 178 Tiempo No Contributorio en la partida de tarrajeo de losa.

Fuente: Elaboración propia

4.3.15. Tarrajeo de Muros:

FECHA	TP	TC	TNC
ene-13	49.58%	39.17%	11.25%
ene-16	44.17%	41.67%	14.17%
ene-17	49.44%	38.06%	12.50%
ene-18	45.56%	40.00%	14.44%
ene-19	42.50%	45.00%	12.50%
ene-24	39.17%	46.67%	14.17%
ene-25	45.83%	41.39%	12.78%
ene-26	46.67%	39.44%	13.89%
ene-29	46.67%	40.56%	12.78%
ene-30	44.72%	41.67%	13.61%
ene-31	41.39%	45.56%	13.06%
PROM	45.06%	41.74%	13.19%

Tabla 19 Cuadro Resumen de la ocupación de tiempos con Implementación Lean en la Partida Tarrajeo de Muros
Fuente: Elaboración propia

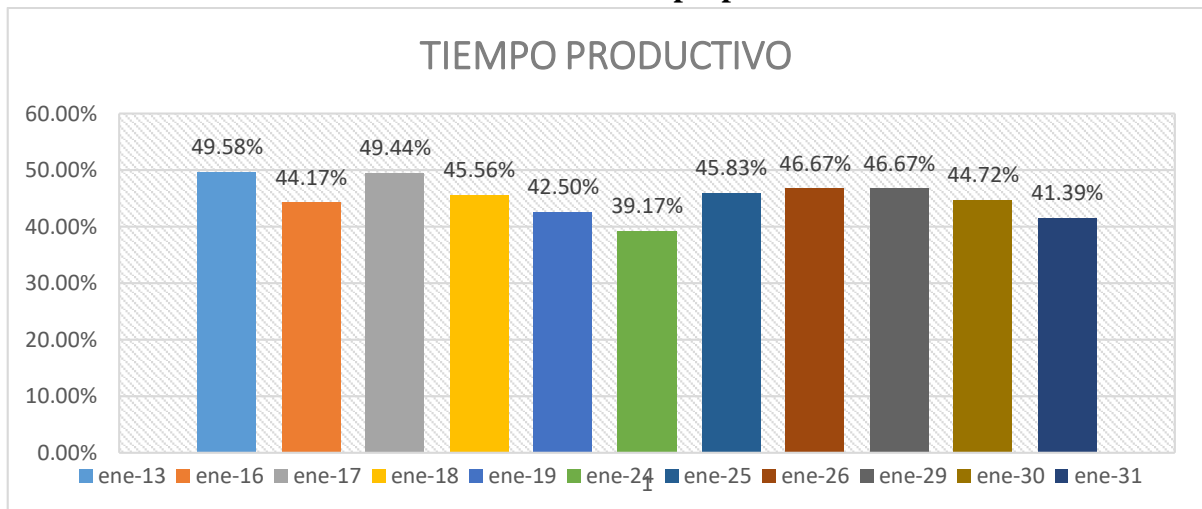


Figura 179 Tiempo Productivo en la partida de tarrajeo de muros.
Fuente: Elaboración propia

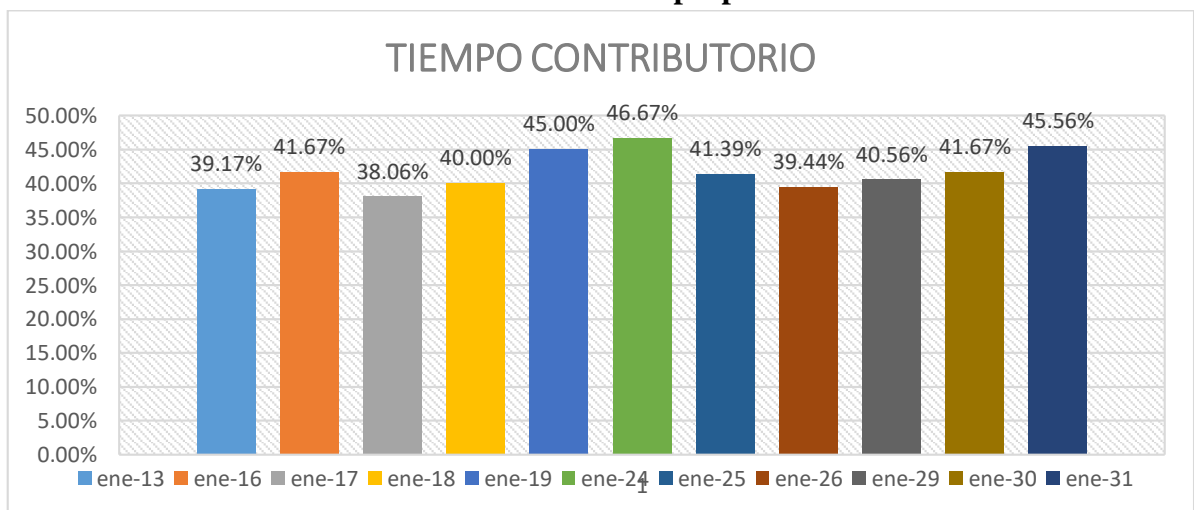


Figura 180 Tiempo Contributorio en la partida de tarrajeo de muros.
Fuente: Elaboración propia

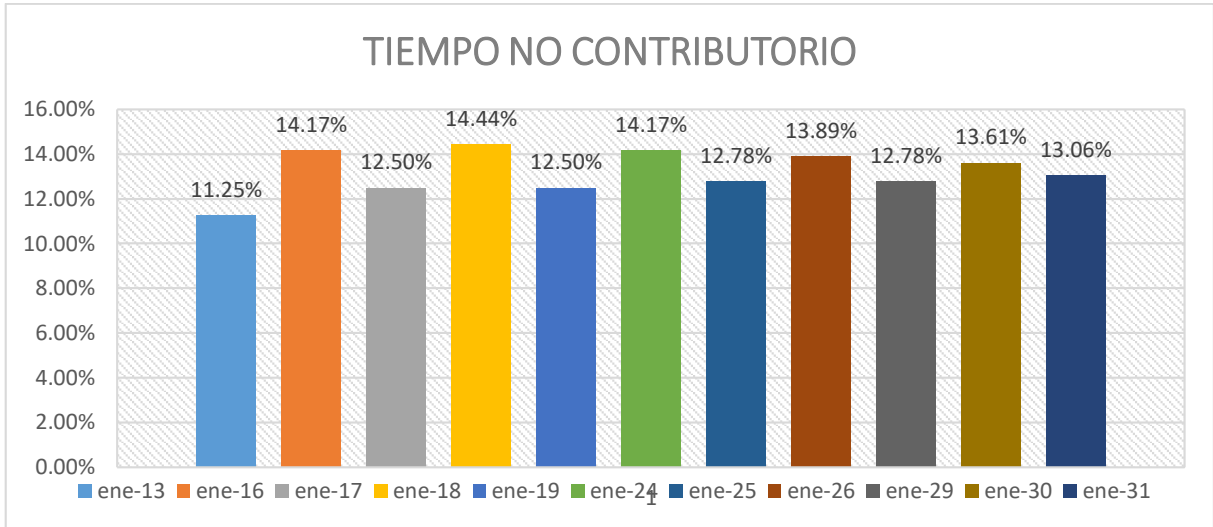


Figura 181 : Tiempo No Contributorio en la partida de tarrajeo de muros.
Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Modelo Tradicional vs Modelo Lean:

El modelo tradicional o de transformación es un modelo de conversión en el cual cada actividad o partida (encofrado, asentado de ladrillo, vaciado de concreto, etc.) es representado en un modelo de entrada-transformación-salida, en el cual la entrada es la materia prima (materiales) y la salida es el producto final (partida finalizada).



Figura 182 Modelo Tradicional de Transformación
Fuente: Elaboración Propia

El modelo tradicional se centra únicamente en transformaciones, y no toma en cuenta los flujos que ocurren dentro del proceso de transformación como son transportes, esperas, supervisiones. Es por esto que el modelo clásico no mide las pérdidas representadas como TNC, lo cual hace difícil encontrarlas y eliminarlas. El modelo tradicional muestra una idealización en la cual no existen actividades que no le agregan valor al proceso, pero en la realidad esta idealización nunca ocurre

Por otro lado, el modelo Lean es un modelo de flujos que considera actividades como transportes, esperas, supervisiones. Su objetivo es identificar y cuantificar las pérdidas para después eliminarlas. El modelo Lean busca reducir al máximo (si es posible eliminar) los tiempos no contributivos (TNC), disminuir los tiempos contributivos (TC) y así aumentar el tiempo productivo (TP) mediante la identificación de las actividades que no general valor (TNC), corrigiéndolas y de esta forma optimizando la(s) partida(s) o actividad(es) analizada(s).

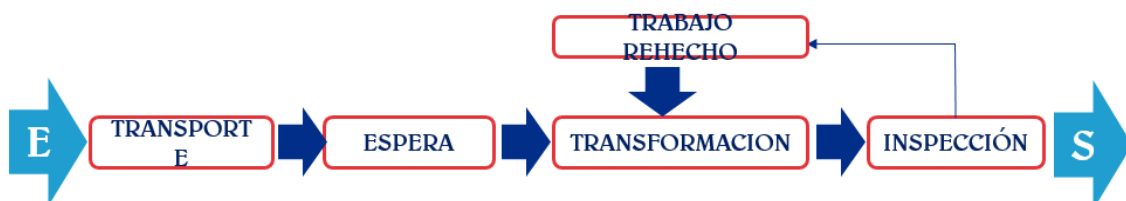


Figura 183 Modelo de Flujos Lean

Fuente: Elaboración Propia

Aplicación de Herramienta Cartas Balance

Una vez realizada la aplicación de la herramienta Cartas Balance en las diferentes partidas, y obtenidos los resultados ya expuestos, se procedió a aplicar las recomendaciones que se tuvieron como consecuencia del análisis y seguimiento que se le hizo a cada partida por separado, obteniéndose de esta manera mejoras en el proceso de cada una de las partidas a las que se le aplicó la Herramienta Cartas Balance, las cuales se manifiestan en los siguientes cuadros comparativos, un gráfico en el estado inicial de cada partida, y otro luego de haberse analizado y aplicado las recomendaciones mencionadas en capítulos anteriores.

Acero Losa:

COND	TP	TC	TNC
Sin Lean	51.53%	27.64%	20.83%
Con Lean	61.04%	26.35%	12.60%

Tabla 20 Comparativo de la Partida de Acero Losa

Fuente: Elaboración Propia



Figura 184 Comparativo de la Partida de Acero Losa

Fuente: Elaboración Propia

Luego de haber analizado los resultados obtenidos de la partida de habilitado de acero losa y posteriormente aplicadas las recomendaciones que se obtuvieron de las Cartas Balance, se logró reducir el TNC, el cual era abarcado en esta partida por trabajos rehechos que eran como consecuencia de las interferencias entre elementos de esta partida con las especialidades de instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas; para lo cual se estableció bien el diagrama de flujo entre estas 3 especialidades, dándoles un orden de entrada al frente de trabajo, expresado esto en el cronograma macro, así también previo al armado de la losa se hizo el marcado de las viguetas y de los centros de luz, logrando

con esto anticipar alguna posible interferencia entre estos elementos, haciendo la corrección y con esto evitar trabajos rehechos que ya se habían presenciado en la toma de mediciones como causa de los TNC.

Acero Vigas:

COND	TP	TC	TNC
Sin Lean	46.75%	33.25%	20.00%
Con Lean	45.63%	41.04%	13.33%

Tabla 21 Comparativo de la Partida de Acero Vigas

Fuente: Elaboración Propia

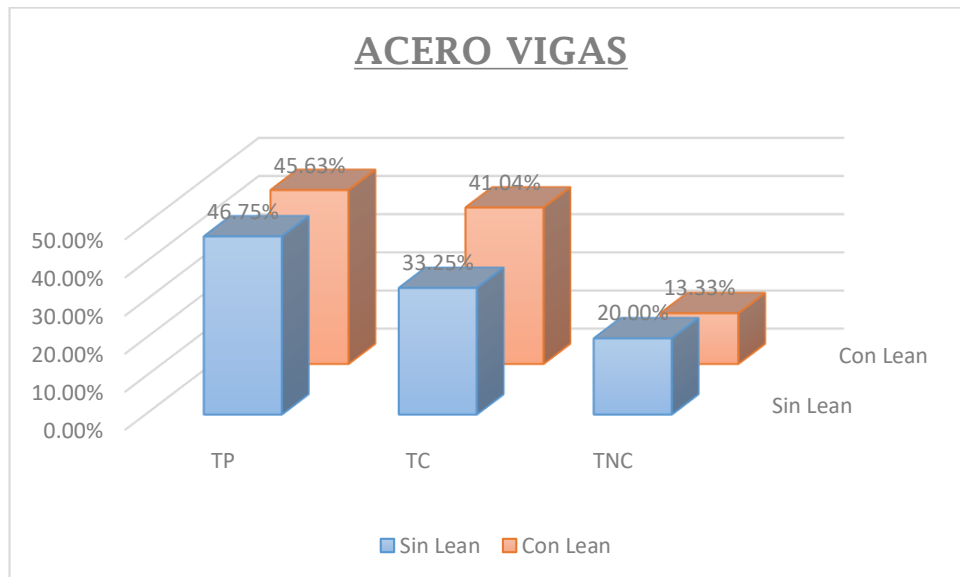


Figura 185 Comparativo de la Partida de Acero Vigas

Fuente: Elaboración Propia

Posterior al análisis de los resultados obtenidos de la partida de habilitado de acero vigas se obtuvo que la causa principal de TNC de esta partida fueron las esperas como consecuencia de un mal flujo en el transporte de los materiales, así también se realizó una sectorización de vigas en conjunto con el habilitado, armado y vaciado de columnas, ya que del habilitado y armado de vigas depende el inicio de la partida de encofrado de losa, y de las partidas dependientes de este encofrado; llegando a tener como consecuencia de todas estas observaciones un flujo continuo en las mencionadas partidas.

Acero Columnas:

COND	TP	TC	TNC
Sin Lean	51.58%	28.92%	19.50%
Con Lean	55.12%	29.64%	15.24%

Tabla 22 Comparativo de la Partida de Acero Columnas

Fuente: Elaboración Propia

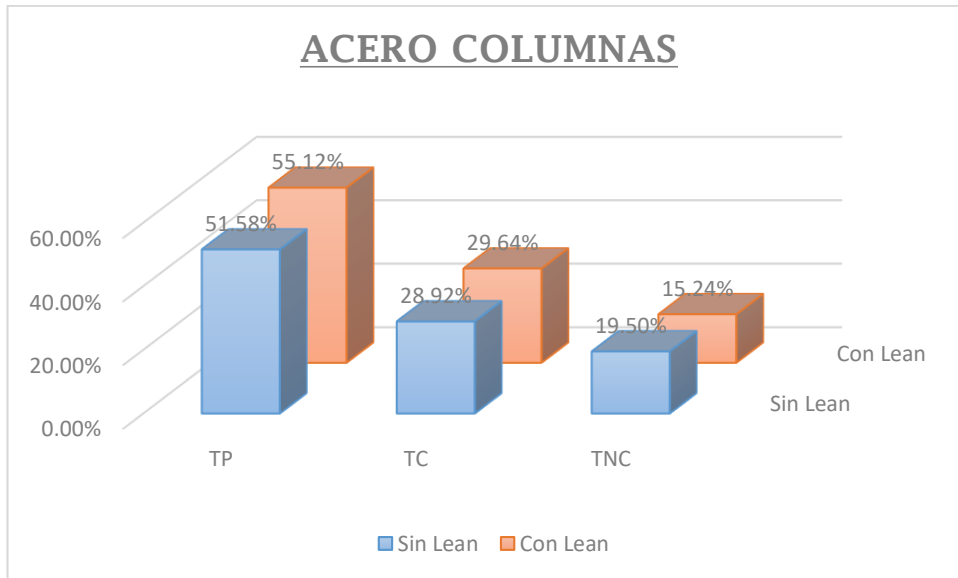


Figura 186 Comparativo de la Partida de Acero Columnas
Fuente: Elaboración Propia

Una vez analizados de los resultados obtenidos mediante Cartas Balance de la partida de habilitado de acero Columnas se obtuvo que la causa principal de TNC de esta partida como en la partida de habilitado de acero vigas, fueron las esperas como consecuencia de un mal flujo en el transporte de los materiales, así también se realizó una sectorización de columnas, con la finalidad de empezar el armado de vigas de acuerdo a lo sectorizado para esa partida.

Encofrado Columnas:

COND	TP	TC	TNC
Sin Lean	42.62%	36.25%	21.13%
Con Lean	50.00%	36.50%	13.50%

Tabla 23 Comparativo de la Partida de Encofrado Columnas
Fuente: Elaboración Propia

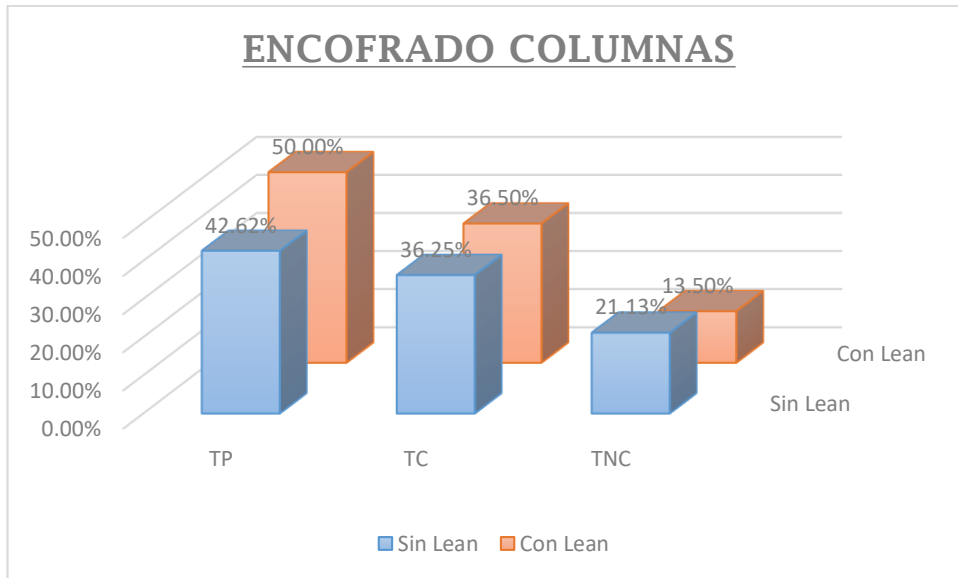


Figura 187 Comparativo de la Partida de Encofrado Columnas

Fuente: Elaboración Propia

Posterior al análisis de los resultados de Cartas Balance de la partida de encofrado columnas, se apreció que conforme se aumentaba de nivel en la edificación, aumentaba el TNC y esto debido a que para la búsqueda y transporte de materiales (madera empleada en el encofrado), uno de los miembros de la cuadrilla tenía que realizar mencionado transporte, mientras el otro miembro de la cuadrilla realizaba TNC representado por las esperas; motivo por el cual o se tenía habilitada la madera en el frente de trabajo antes de que inicie la partida o un día previo, o en alguno de los casos se aumentó un integrante más a la(s) cuadrilla(s) exclusivamente para el transporte de madera de los niveles inferiores al frente de trabajo, reduciéndose así los tiempos de espera originados por el transporte, abarcando así este integrante todo el TC que empleaban los demás miembros de la cuadrilla.

Encofrado Vigas:

COND	TP	TC	TNC
Sin Lean	39.58%	38.45%	21.96%
Con Lean	44.53%	40.16%	15.31%

Tabla 24 Comparativo de la Partida de Encofrado Vigas

Fuente: Elaboración Propia

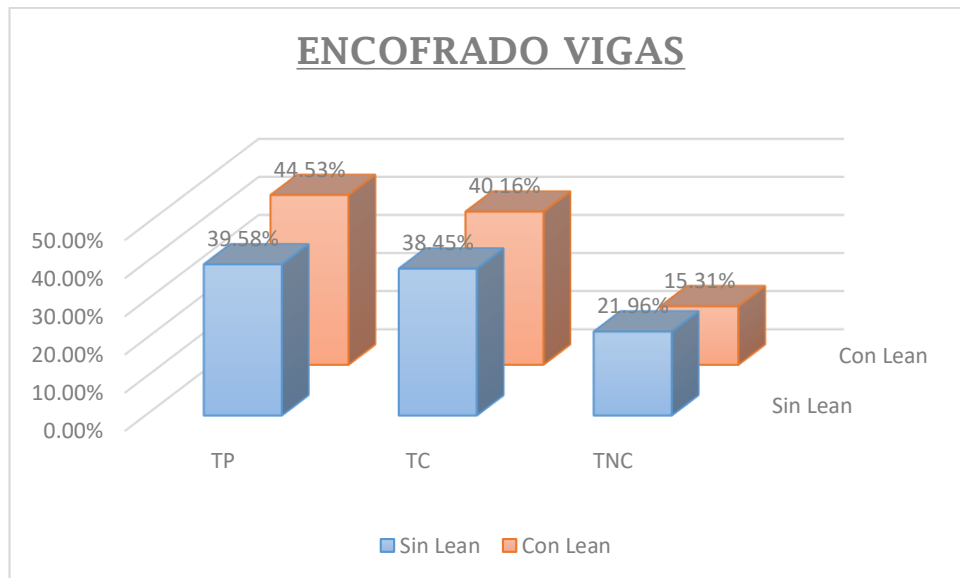


Figura 188 Comparativo de la Partida de Encofrado Vigas
Fuente: Elaboración Propia

Posterior al análisis de los resultados de Cartas Balance de la partida de encofrado vigas, al igual que para el encofrado de columnas se apreció que conforme se aumentaba de nivel en la edificación, aumentaba el TNC y esto debido a que para la búsqueda y transporte de materiales (madera empleada en el encofrado), uno de los miembros de la cuadrilla tenía que realizar mencionado transporte, mientras el otro miembro de la cuadrilla realizaba TNC representado por las esperas; motivo por el cual o se tenía habilitada la madera en el frente de trabajo antes de que inicie la partida o un día previo, o en alguno de los casos se aumentó un integrante más a la(s) cuadrilla(s) exclusivamente para el transporte de madera de los niveles inferiores al frente de trabajo, reduciéndose así los tiempos de espera originados por el transporte, abarcando así este integrante todo el TC que empleaban los demás miembros de la cuadrilla.

Encofrado Losa:

COND	TP	TC	TNC
Sin Lean	37.14%	40.95%	21.90%
Con Lean	41.11%	43.06%	15.83%

Tabla 25 Comparativo de la Partida de Encofrado Losa
Fuente: Elaboración Propia

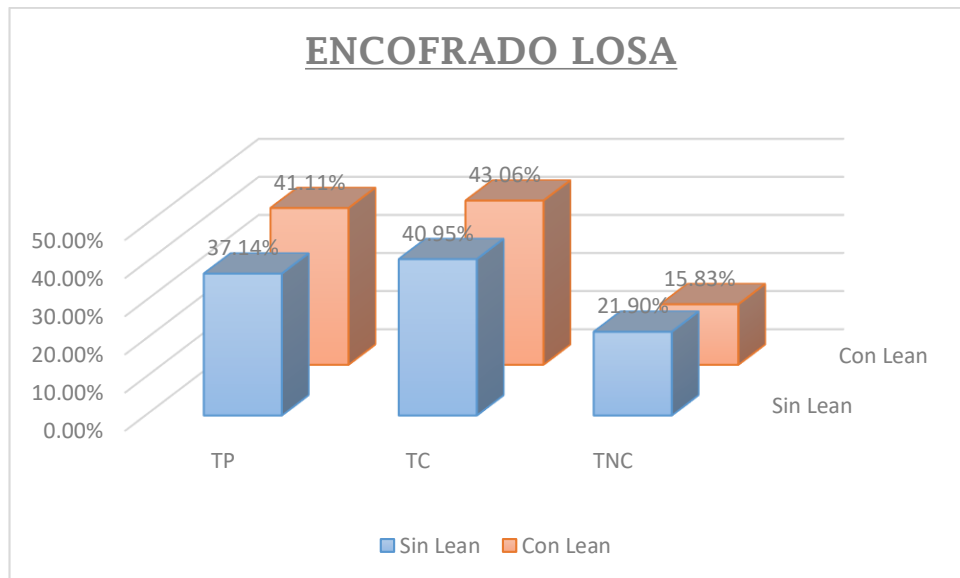


Figura 189 Comparativo de la Partida de Encofrado Losa
Fuente: Elaboración Propia

Habiendo ya analizado los resultados obtenidos de la aplicación de Cartas Balance en esta partida, una de las causas de los TNC fueron las esperas originadas tanto por el transporte de materiales, como así también por los trabajos rehechos debido a que no se verificaba la nivelación de los paneles conforme se iban encofrando los diferentes paños de la losa, y como consecuencia inmediata se retrasaba el ingreso de las cuadrillas de las siguientes especialidades, motivo por el cual se implementó el uso constante del nivel de mano, y se recomendó realizar la verificación por cada panel que se empleaba, de esta manera se evitaron rehacer los trabajos una vez finalizado todo el encofrado.

Asentado Muros de Ladrillo:

COND	TP	TC	TNC
Sin Lean	47.98%	36.07%	15.95%
Con Lean	43.94%	41.26%	14.80%

Tabla 26 Comparativo de la Partida de Asentado Muros de Ladrillo
Fuente: Elaboración Propia

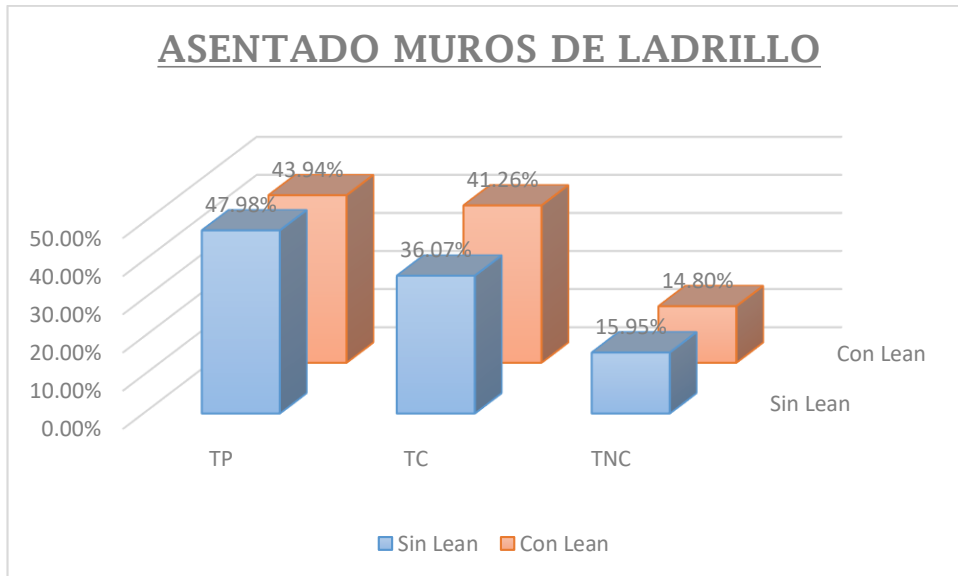


Figura 190 Comparativo de la Partida de Asentado Muros de Ladrillo
Fuente: Elaboración Propia

Posterior al análisis de la partida de asentado de muros de ladrillo, los TNC eran generados por los tiempos de más que tomaban esperando cada miembro de la cuadrilla, en su mayoría debido a que los mismo operarios u oficiales de la cuadrilla, hacían el mezclado y traslado de su propia mezcla, muy diferente a los resultados que se obtuvieron al aumentar 1 integrante más encargado solo del transporte y mezclado del material hacia cada frente de trabajo de cada operario u oficial, aumentando así el TP, y disminuyendo los TC Y TNC del total de la partida; así también se recomendó asignar a 1 operario u oficial la función de emplantillar todos los muros un día después de vaciada la losa, con la finalidad de evitar TNC u TC en cada cambio de frente de trabajo.

Resumen Total de Distribución de Tiempos Sin la metodología y aplicada la metodología Lean:

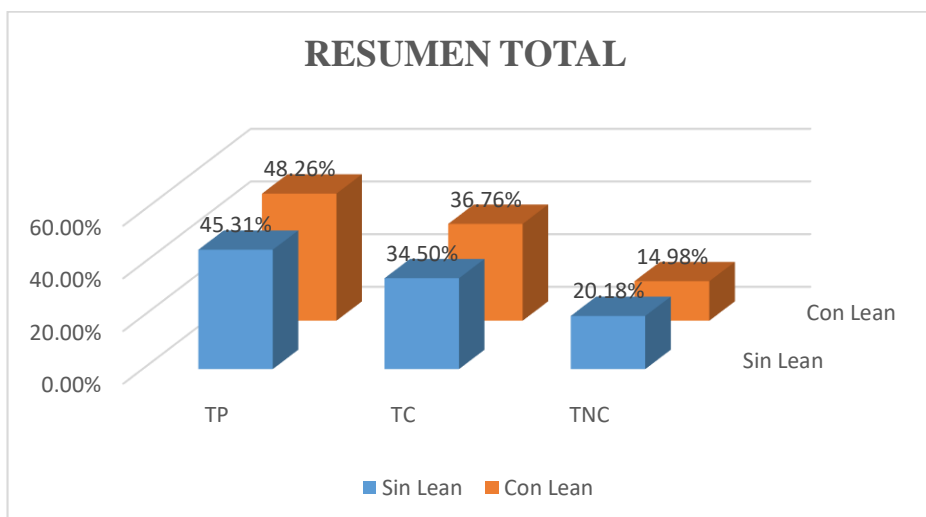
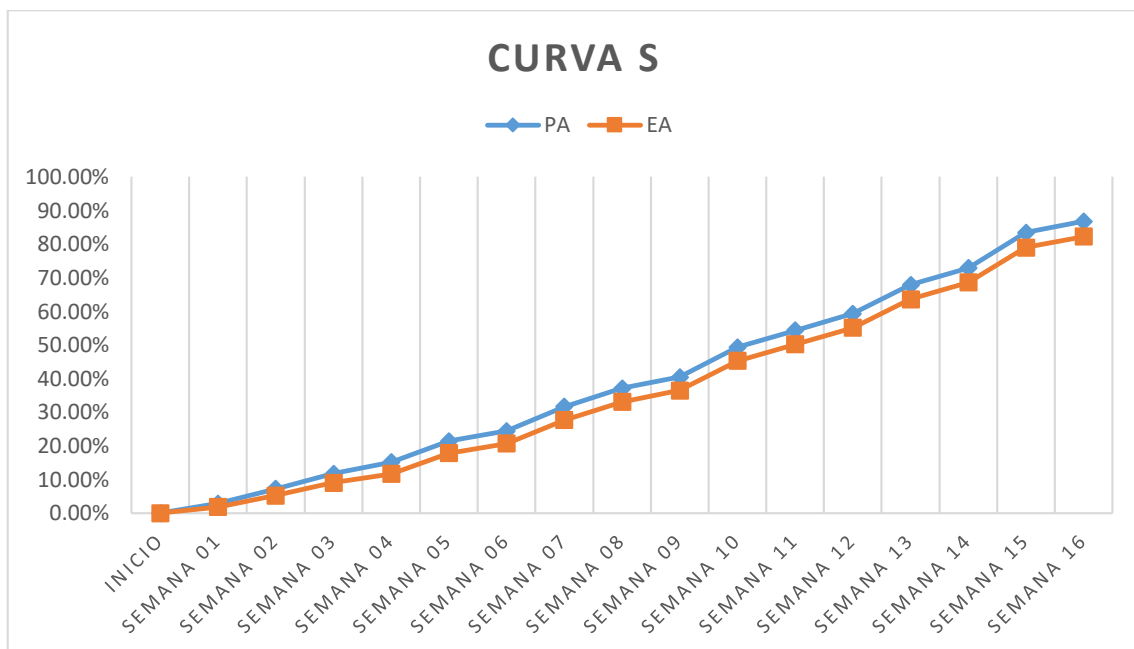


Figura 191 Resuemtn de las Partidas con la Implementación Lean
Fuente: Elaboración Propia

Luego de haber realizado la toma de mediciones y la posterior aplicación de las recomendaciones que se tuvieron como consecuencia del análisis de los resultados de la aplicación de Cartas Balance en las diferentes partidas se obtuvieron los resultados mostrados en el anterior gráfico, en el cual se puede apreciar que con la modificación de algunos procesos, o de cuadrillas que se pudieron identificar mediante la toma de mediciones, y en conjunto la realización de buenas practicas en los procesos constructivos, se llegaron a reducir los TNC, y como consecuencia se obtuvo un aumento en los TC y TP.



Luego de haber realizado las mejoras en los diferentes procesos constructivos como la optimización de las cuadrillas de cada partida, se puede apreciar en la Curva S mostrada, como es que los trabajos ejecutados vienen siendo cada vez semejantes a la programación propuesta, como consecuencia de una mejora continua en los procesos constructivos, los cuales se obtuvieron como resultado de la aplicación de la herramienta Cartas Balance en los diferentes procesos constructivos de esta edificación.

VI. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado las correcciones y/o implementaciones en las partidas analizadas, se logró cumplir con el plazo determinado en cronograma de obra a pesar que la implementación no fue desde un inicio.

Las cuadrillas de las partidas de concreto fueron las que se llegaron a optimizar más, aún con esto se llegó a cumplir con la producción mínima expresada en los APU, lo cual manifiesta que podemos alcanzar el mismo rendimiento con una cuadrilla optimizada.

Los resultados obtenidos de las mediciones con Carta Balance evidenciaron que las actividades que se realizaban se podían llegar a optimizar, tanto en proceso constructivo, como en MO; cumpliendo también de esta forma con el mínimo rendimiento establecido en los APU.

Luego de haber analizado los resultados obtenidos mediante cartas balance, y una vez aplicadas las recomendaciones en los procesos constructivos y optimizaciones de cuadrillas, se obtuvo una disminución del TNC del 20.18% a 14.98%, el TC aumentó del 34.5% al 36.76%, y el TP aumentó de 45.31% a 48.26%.

El costo MO de diferencia entre los APU del expediente y los APU de las cuadrillas optimizadas es de S/125,365.83.

El costo MO de diferencia entre los APU reales y los APU de las cuadrillas optimizadas es de S/85,187.23.

La aplicación de la metodología Lean Construction con sus diferentes herramientas es una iniciativa para que la metodología o sistema tradicional que se emplea en la construcción en la ciudad de Chiclayo y departamento de Lambayeque en general, empiecen a implementar herramientas Lean con el fin de conocer nuestros niveles de productividad y con esto aplicar las mejoras que traen como consecuencia la aplicación de todas las herramientas que Lean Construction nos ofrece.

En la aplicación de la metodología lean en una segunda obra, se evidencia un mayor PPC, debido al cambio en la forma de realizar los procesos constructivos y en la conformación de las cuadrillas, viendo de esta manera los beneficios que trae como consecuencia tener una implementación con herramientas lean como carta balance, programación macro, PPC, sectorización; motivo por el cual se aprecian las mejoras en los resultados en la ejecución de esta obra.

Se identificó que al realizar la toma de mediciones a los diferentes procesos constructivos mediante Carta Balance, y haciendo saber al personal los trabajos que no generan valor al desarrollo de sus actividades, se llegó a notar en ellos un poco más de empeño e interés por el desarrollo correcto de sus procesos; teniendo así también como consecuencia una mejora en la ocupación de sus tiempos (TP, TC, TNC).

VII. RECOMENDACIONES

En los próximos proyectos se recomienda continuar con la toma de mediciones mediante Cartas Balance, con la finalidad de tener siempre una mejora continua y con ello una mejor competitividad.

Para los próximos proyectos debido a que ya tenemos conocimiento de la aplicación y el proceso que se sigue en la toma de medidas mediante Cartas Balance, es recomendable que se inicie la toma de medidas con la herramienta Nivel General de Actividades, y posterior a esta aplicar Cartas Balance a las partidas o procesos que se quiera analizar más a detalle.

Se debe fomentar la aplicación de la herramienta Cartas Balance con la finalidad de optimizar los procesos constructivos, eliminando los procesos que no generan valor, y a la vez poder verificar los APU con los que trabajamos.

Este primer estudio basado en la aplicación de herramientas Lean servirá de base para futuros proyectos en los cuales se quiera llegar a una optimización de los diferentes procesos que existen en una obra de construcción, llevando siempre a todos estos procesos en conjunto a una mejora continua.

Una vez optimizadas las partidas y/o procesos constructivos, es importante hacerle un seguimiento mediante las herramientas de PPC, con la finalidad de saber el estado de cumplimiento.

Al iniciar todo proyecto se debe realizar un "layout" de ubicación y/o distribución del espacio disponible para la ubicación y acopio de todos los materiales, con la finalidad de reducir TC o TNC que se emplean en la búsqueda y/o transporte de materiales.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L.C. Bracamonte. “*Aplicación de Herramientas Lean Construction para optimizar los costos y tiempos en la ampliación del Colegio Markham*”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. UNI. Lima. 2015
- [2] CAPECO. “*Región Lambayeque es una gran plaza para la industria de la construcción*” Andina. 24 de Abril. 2017.
- [3] Centro de Excelencia en Gestión de la Producción. “*Lean Construction: Manual Práctico de herramientas de mejoramiento de construcción*”. Chile: CEGP. 2010
- [4] J. Chávez y C. De la Cruz Aquije. “*Aplicación de la filosofía Lean Construction en una Obra de Edificación*”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. USMP. 2014
- [5] V. Ghio. “*Productividad en Obras de Construcción*”. PUCP. Lima. 2001.
- [6] J. Loría Arcila. “*Programación de obras con la técnica línea de balance*”. México. 2007
- [7] A. Rabanal Rosales. “*Más de 3 mil viviendas serán ofertadas en Chiclayo*”. El Comercio. 11 de Octubre. 2017
- [8] A. Sánchez Cusihuaman, y D. Rosa Cruz. “*Implementación del Sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas*”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, UPC. 2014
- [9] A. Serpell. “*Análisis de operaciones mediante cartas de balance*”: Alfaomega. 2000
- [10] M. Silva. “*Un problema en la construcción es la caída de la productividad*”. El País. 15 de Enero. 2017
- [11] A. Tagle Lostaunau, J. Paredes Arce, y A. Iberico Cedrón. “*Sistema de mejoramiento de la productividad en el casco estructural de la obra: Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte*”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, UPC. 2014
- [12] L. Vitteri. “*La productividad en Proyectos de Construcción*”. Costos Perú. Octubre. 2016

IX. ANEXOS

ANEXO 1: Comparación de costo de MO Total: Oficiales, reales y optimizadas

Proyecto EDIFICIO AC EXPEDIENTE
Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					417 238.09
1008	OFICIAL	hh	16.83	3 909.09	65 789.98
1011	OPERARIO	hh	20.76	8 374.56	173 855.87
1009	PEON	hh	15.15	11 722.26	177 592.24

Proyecto EDIFICIO AC - CUADRILLAS REALES
Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					377 059.49
1008	OFICIAL	hh	16.83	3 678.56	61 910.16
1011	OPERARIO	hh	20.76	8 306.24	172 437.54
1009	PEON	hh	15.15	9 419.92	142 711.79

Proyecto EDIFICIO AC - MO LEAN
Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					291 872.26
1008	OFICIAL	hh	16.83	7 286.78	122 636.51
1011	OPERARIO	hh	20.76	3 203.23	66 499.05
1009	PEON	hh	15.15	6 781.30	102 736.70

ANEXO 3: Comparación de costo de MO Concreto: Reales y optimizados.

Proyecto EDIFICIO AC - MO LEAN CONCRETO
Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					15 056.41
1008	OFICIAL	hh	16.83	153.49	2 583.24
1011	OPERARIO	hh	20.76	107.43	2 230.25
1009	PEON	hh	15.15	676.10	10 242.92

Proyecto EDIFICIO AC - CUADRILLAS REALES
Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					25 371.76
1008	OFICIAL	hh	16.83	198.64	3 343.11
1011	OPERARIO	hh	20.76	198.64	4 123.77
1009	PEON	hh	15.15	1 181.84	17 904.88

ANEXO 4: Comparación de costo de MO Encofrado: Reales y optimizados.

Proyecto EDIFICIO AC - MO LEAN
 Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
 Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
 Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					31 979.31
1008	OFICIAL	hh	16.83	850.74	14 317.95
1011	OPERARIO	hh	20.76	850.74	17 661.36

Proyecto EDIFICIO AC - CUADRILLAS REALES
 Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
 Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
 Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					56 220.45
1008	OFICIAL	hh	16.83	1 198.66	20 173.45
1011	OPERARIO	hh	20.76	1 198.66	24 884.18
1009	PEON	hh	15.15	736.82	11 162.82

ANEXO 5: Comparación de costo de MO Asentado de Muros: Reales y optimizados.

Proyecto EDIFICIO AC - MO LEAN
 Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
 Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
 Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					24 006.18
1008	OFICIAL	hh	16.83	1 164.35	19 596.01
1009	PEON	hh	15.15	291.10	4 410.17

Proyecto EDIFICIO AC - CUADRILLAS REALES
 Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
 Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
 Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					31 292.59
1011	OPERARIO	hh	20.76	1 507.35	31 292.59

ANEXO 6: Comparación de costo de MO Tarrajeo Muros: Reales y optimizados.

Proyecto EDIFICIO AC - MO LEAN
 Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
 Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
 Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					28 390.25
1008	OFICIAL	hh	16.83	1 377.06	23 175.92
1009	PEON	hh	15.15	344.18	5 214.33

Proyecto EDIFICIO AC - CUADRILLAS REALES
 Lugar LA VICTORIA - CHICLAYO
 Elab. Por ALEJANDRO TÚLLUME UCEDA
 Fecha 31/10/2017

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					40 520.73
1011	OPERARIO	hh	20.76	1 718.15	35 668.79
1009	PEON	hh	15.15	320.26	4 851.94