

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



**APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CARTAS  
BALANCE BAJO UN ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION  
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA DE LA  
EDIFICACIÓN PASEO PACASMAYO EN LA PROVINCIA  
DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

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

**AUTOR**

**DAVID ROLANDO ARBULU DAVILA**

**ASESOR**

**JUAN IGNACIO LUNA MERA**

**<https://orcid.org/0000-0003-0245-3137>**

**Chiclayo, 2021**

**APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CARTAS  
BALANCE BAJO UN ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION  
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA DE LA  
EDIFICACIÓN PASEO PACASMAYO EN LA PROVINCIA  
DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

PRESENTADA POR:

**DAVID ROLANDO ARBULU DAVILA**

**A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR:

Segundo Guillermo Carranza Cieza

PRESIDENTE

Hector Augusto Gamarra Uceda

SECRETARIO

Juan Ignacio Luna Mera

VOCAL

## **Dedicatoria**

La presente tesis la dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres David y Marcela quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Esta tesis la dedico también a la memoria de mis abuelos Rodolfo Dávila Ortiz y Paula Esperanza Gonzales Diaz a los cuales le debo gran parte de mi formación espiritual, personal y académica.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia y amigos porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su amor y bendición llena siempre mi vida y por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: David y Marcela, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios inculcados.

Agradezco a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al ingeniero Juan Ignacio Luna Mera asesor de mi tesis quien me ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

# Índice

Resumen.....	16
Abstract.....	17
I. Introducción .....	18
II. Marco teórico .....	19
2.1. Antecedentes del problema.....	19
2.2. Bases Teórico Científicas .....	21
III. Materiales y métodos .....	23
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	23
3.2. Diseño de investigación.....	23
3.3. Población, muestra, muestreo .....	24
3.4. Criterios de selección.....	25
3.5. Operacionalización de variables .....	26
3.5.1. Variable independiente.....	26
3.5.2. Variable dependiente.....	26
3.6. Conceptos básicos.....	27
3.6.1. Productividad .....	27
3.6.2. Rendimiento y velocidad.....	27
3.6.3. Variabilidad.....	28
3.6.4. Desperdicio.....	28
3.6.5. Trabajo productivo (TP):.....	29
3.6.6. Trabajo contributorio (TC):.....	29
3.6.7. Trabajo no contributorio o no productivo (TNC): .....	31
3.6.8. Last Planner System .....	32
3.6.9. Programación maestra:.....	33
3.6.10. Programación Intermedia “Lookahead” .....	34
3.6.11. Programación Semanal.....	34
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	34
3.7.1. Métodos y técnicas:.....	34
3.7.2. Instrumentos:.....	34
3.8. Procedimientos .....	35
3.8.1. Metodología: Carta Balance .....	35
3.9. Estrategias para el análisis y procesamiento de datos .....	38

3.9.1.	Reconocimiento e identificación de las tareas productivas, contributorias y no contributorias. ....	38
3.9.2.	Descripción del diagrama de flujo del proceso de las partidas .....	38
3.9.3.	Distribución del personal utilizado.....	39
3.9.4.	Formatos y herramientas empleadas .....	40
3.10.	Matriz de consistencia.....	42
3.11.	Consideraciones éticas .....	43
IV.	Resultados y discusión .....	43
4.1.	Proyecto Elegido para el desarrollo de la investigación .....	43
4.2.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean de las Partidas seleccionadas de encofrado en obra.....	44
4.2.1.	Empleo de la metodología.....	44
4.2.2.	Partida Encofrado de Muros de Corte .....	45
4.2.2.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	45
4.2.2.2.	Evaluación de resultados.....	50
4.2.2.3.	Planteamiento de mejoras .....	51
4.2.3.	Partida Encofrado de Columnas .....	53
4.2.3.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	53
4.2.3.2.	Evaluación de resultados.....	57
4.2.3.3.	Planteamiento de mejoras .....	59
4.2.4.	Partida Encofrado de Vigas .....	60
4.2.4.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	60
4.2.4.2.	Evaluación de resultados.....	64
4.2.4.3.	Planteamiento de mejoras .....	66
4.2.5.	Partida Encofrado de Losa .....	67
4.2.5.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	67
4.2.5.2.	Evaluación de resultados.....	72
4.2.5.3.	Planteamiento de mejoras .....	74
4.3.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean de las Partidas seleccionadas de Concreto en obra.....	76
4.3.1.	Empleo de la metodología.....	76
4.3.2.	Partida de Concreto Columnas .....	77
4.3.2.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	77
4.3.2.2.	Evaluación de resultados.....	81
4.3.2.3.	Planteamiento de mejoras .....	83
4.3.3.	Partida de Concreto en Muros de Corte .....	84

4.3.3.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	84
4.3.3.2.	Evaluación de resultados.....	88
4.3.3.3.	Planteamiento de mejoras .....	91
4.3.4.	Partida de Concreto Losa .....	92
4.3.4.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	92
4.3.4.2.	Evaluación de resultados.....	96
4.3.4.3.	Planteamiento de mejoras .....	98
4.4.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean de las Partidas seleccionadas de Acero en obra.....	100
4.4.1.	Empleo de la metodología.....	100
4.4.2.	Partida de Habilitación de Acero Muros de Corte .....	101
4.4.2.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	101
4.4.2.2.	Evaluación de resultados.....	104
4.4.2.3.	Planteamiento de mejoras .....	106
4.4.2.4.	Evaluación de resultados.....	111
4.4.2.5.	Planteamiento de mejoras .....	112
4.5.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean de la Partida de Asentado de Ladrillo - Muros Portantes.....	113
4.5.1.	Empleo de la metodología.....	113
4.5.2.	Partida de Asentado de Muros Portantes.....	114
4.5.2.1.	Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean.....	114
4.5.2.2.	Evaluación de resultados.....	118
4.5.2.3.	Planteamiento de mejoras .....	120
4.6.	Resumen de las Partidas Evaluadas.....	122
4.6.1.	Valores obtenidos con la metodología tradicional: .....	122
4.6.1.1.	Encofrado de Columnas:.....	122
4.6.1.2.	Encofrado de Muros de Corte:.....	122
4.6.1.3.	Encofrado de Vigas:.....	122
4.6.1.4.	Encofrado de Losa: .....	123
4.6.1.5.	Concreto Columnas:.....	123
4.6.1.6.	Concreto Muros de Corte:.....	123
4.6.1.7.	Concreto Losa: .....	124
4.6.1.8.	Acero Columnas: .....	124
4.6.1.9.	Acero Muros de Corte:.....	124
4.6.1.10.	Asentado Muros Portantes de Ladrillo: .....	125
4.6.2.	Valores obtenidos con la filosofía de trabajo Lean Construction:.....	126

4.6.2.1.	Encofrado de Columnas:.....	126
4.6.2.2.	Encofrado de Muros de Corte:.....	126
4.6.2.3.	Encofrado de Vigas:.....	126
4.6.2.4.	Encofrado de Losa:.....	127
4.6.2.5.	Concreto Columnas:.....	127
4.6.2.6.	Concreto Muros de Corte:.....	127
4.6.2.7.	Concreto Losa:.....	128
4.6.2.8.	Acero Columnas:.....	128
4.6.2.9.	Acero Muros de Corte:.....	128
4.6.2.10.	Asentado Muros Portantes de Ladrillo:.....	129
V.	Discusión.....	130
5.1.	Evaluación del Modelo Tradicional vs Modelo Lean Constraction:.....	130
5.2.	Aplicación de Herramienta Carta Balance.....	132
5.3.	Resumen General de Distribución de Tiempos modelo Tradicional y Filosofía Lean: 144	
VI.	Conclusiones.....	147
VII.	Recomendaciones.....	148
VIII.	Referencias.....	150
IX.	Anexos.....	152

## Lista de Tablas

Tabla 1: Tamaño de muestra requerido para niveles de confianza de 95% y 90% .....	24
Tabla 2: Operacionalización de variables .....	26
Tabla 3: Clasificación de los tipos de trabajo en la partida de Encofrado Muros de Corte .....	38
Tabla 4: Matriz de consistencia.....	42
Tabla 5:Clasificación de los tipos de trabajo .....	45
.....	45
Tabla 6: Clasificación de los tipos de trabajo .....	76
Tabla 7: Clasificación de los tipos de trabajo .....	100
Tabla 8: Clasificación de los tipos de trabajo .....	114
Tabla 9: Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Columnas .....	122
Tabla 10: Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Muros de Corte .....	122
Tabla 11: Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Vigas .....	122
Tabla 12: Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Losa.....	123
Tabla 13:Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto columnas .....	123
Tabla 14: Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto Muros de Corte .....	123
Tabla 15: Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto Losa.....	124
Tabla 16:Resumen de empleo de tiempos de la partida Acero Columnas .....	124
Tabla 17:Resumen de empleo de tiempos de la partida Acero Muros de Corte .....	124
Tabla 18:Resumen de empleo de tiempos de la partida Muros Portantes.....	125
Tabla 19:Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Columnas .....	126
Tabla 20:Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Muros de Corte .....	126
Tabla 21:Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Vigas .....	126
Tabla 22:Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Losa.....	127
Tabla 23:Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto columnas .....	127
Tabla 24:Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto Muros de Corte .....	127
Tabla 25:Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto Losa.....	128
Tabla 26:Resumen de empleo de tiempos de la partida Acero Columnas .....	128
Tabla 27:Resumen de empleo de tiempos de la partida Muros de Corte .....	128
Tabla 28:Resumen de empleo de tiempos de la partida Asentado Muros Portantes.....	129
Tabla 29:Comparativo de la Partida Encofrado Columna .....	132
Tabla 30:Comparativo de la Partida Encofrado Muros de Corte.....	133
Tabla 31:Comparativo de la Partida Encofrado Vigas.....	134
Tabla 32:Comparativo de la Partida Encofrado Losa .....	136
Tabla 33:Comparativo de la Partida Concreto Columnas .....	137

Tabla 34:Comparativo de la Partida Concreto Muros de Corte .....	138
Tabla 35:Comparativo de la Partida Concreto Losa .....	140
Tabla 36: Comparativo de la Partida Acero Columnas.....	141
Tabla 37: Comparativo de la Partida Acero Muros de Corte .....	142
Tabla 38:Comparativo de la Partida Muros Portantes de Ladrillo.....	143

## Lista de Figuras

Figura 1: Plano de sectorización de block A Paseo Pacasmayo .....	25
Figura 2: Esquema del Debe – Se hará – Se puede.....	32
Figura 3:Relación entre el Debe-Se hará- Se puede y las fases de Planificación del LPS.....	33
Figura 4: Procedimiento empleado para la optimización de las partidas .....	37
Figura 5: Diagrama de Flujo la partida de encofrado.....	39
Figura 6: Diagrama de Spaguetti del Proceso .....	39
Figura 7: Formato de Cartas Balance.....	40
Figura 8: Formato de Cartas Balance-Cuadros Resumen .....	41
Figura 9: Modelo 3D Fachada Block A .....	44
Figura 10: Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Muros de Corte .....	46
Figura 11: Diagrama spaghetti de la partida de Encofrado de Muros de Corte .....	46
Figura 12: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de .....	47
Figura 13: Trabajo Productivo en la Partida de Encofrado Muros de Corte.....	48
Figura 14: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado .....	49
Figura 15: Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado Muros de Corte.....	49
Figura 16: Ocupación del tiempo del Operario 01 .....	50
Figura 17: Ocupación del tiempo del Oficial 02 .....	51
Figura 18: Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Columnas. ....	53
Figura 19: Diagrama Spaghetti de la partida de Encofrado de Columnas .....	54
Figura 20: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de columnas.....	55
Figura 21: Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Columnas .....	55
Figura 22: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Columnas .	56
Figura 23: Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado d Columnas.....	57
Figura 24: Ocupación del tiempo del Operario 01 en la Partida Encofrado de Columnas .....	58
Figura 25: Ocupación del tiempo del Oficial 02 en la Partida Encofrado de Columnas .....	58
Figura 26: Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Vigas. ....	61
Figura 27: Diagrama de Spaguetti de la partida de Encofrado de Vigas. ....	61
Figura 28: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de .....	62
Figura 29: Trabajo Productivo en la Partida de Encofrado de Vigas.....	63
Figura 30: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Vigas.....	63
Figura 31: Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Vigas.....	64
Figura 32: Ocupación del tiempo del Operario 1 en la partida de Encofrado de Vigas.....	65

Figura 33: Ocupación del tiempo del Oficial 2 en la partida de Encofrado de Vigas.....	65
Figura 34: Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Losa.....	67
Figura 35: Diagrama de Spaghetti de la partida de Encofrado de Losa. ....	68
Figura 36: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de .....	69
Figura 37: Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Losa.....	70
Figura 38: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Losa .....	71
Figura 39: Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Losa .....	71
Figura 40: Ocupación del tiempo del Operario 01 .....	72
Figura 41: Ocupación del tiempo del Operario 02 .....	73
Figura 42: Ocupación del tiempo del Oficial 03 .....	73
Figura 43: Ocupación del tiempo del Oficial 04 .....	73
Figura 44: Diagrama de Flujo de la partida Concreto Columnas.....	77
Figura 45: Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Columnas.....	78
Figura 46: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de .....	79
Figura 47: Trabajo Productivo en la partida Concreto Columnas.....	79
Figura 48: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Columnas.....	80
Figura 49: Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Columnas.....	80
Figura 50: Ocupación del tiempo del Oficial 1 en la Partida de Concreto.....	81
Figura 51: Ocupación del tiempo del Oficial 2 en la Partida de Concreto Columnas .....	82
Figura 52: Ocupación del tiempo del Peón 3 en la partida de Concreto Columnas.....	82
Figura 53: Ocupación del tiempo del Peón 4 en la partida de Concreto Columnas.....	82
Figura 54: Ocupación del tiempo del Peón 5 en la partida de Concreto Columnas.....	83
Figura 55: Diagrama de Flujo de la partida Concreto Muros de Corte.....	85
Figura 56: Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Muros de corte.....	85
Figura 57: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de .....	86
Figura 58: Trabajo Productivo en la partida Concreto Muros de corte.....	86
Figura 59: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Muros de corte	87
Figura 60: Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Muros de corte.....	87
Figura 61: Ocupación del tiempo del Oficial 1 en la Partida de Concreto.....	88
Figura 62: Ocupación del tiempo del Oficial 2 en la Partida de Concreto Muros de Corte ....	89
Figura 63: Ocupación del tiempo del Peón 3 en la partida de Concreto Muros de Corte.....	89
Figura 64: Ocupación del tiempo del Peón 4 en la partida de Concreto Muros de Corte .....	90
Figura 65: Ocupación del tiempo del Peón 5 en la partida de Concreto Muros de Corte .....	90
Figura 66: Ocupación del tiempo del Peón 6 en la partida de Concreto Muros de Corte .....	90
Figura 67: Diagrama de Flujo de la partida Concreto Losa. ....	92

Figura 68: Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Losa. ....	93
Figura 69: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Concreto Losa. ....	94
Figura 70: Trabajo Productivo en la partida Concreto Losa .....	94
Figura 71: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Losa .....	95
Figura 72: Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Losa .....	95
Figura 73: Ocupación del tiempo del Oficial 01 en la Partida de Concreto.....	96
Figura 74: Ocupación del tiempo del Oficial 02 en la Partida de Concreto Losa.....	97
Figura 75: Ocupación del tiempo del Peón 3 en la partida de Concreto Losa .....	97
Figura 76: Ocupación del tiempo del Peón 04 en la partida de Concreto Losa .....	97
Figura 77: Ocupación del tiempo del Peón 5 en la partida de Concreto Losa .....	98
Figura 78: Ocupación del tiempo del Peón 6 en la partida de Concreto Losa .....	98
Figura 79: Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero .....	101
Figura 80: Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero .....	102
Figura 81: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de .....	102
Figura 82: Trabajo Productivo en la partida de Acero Muros de Corte.....	103
Figura 83: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Acero Muros de Corte..	103
Figura 84: Trabajo Contributorio en la partida de Acero Muros de Corte.....	104
Figura 85: Ocupación del tiempo del Operario 01 en la Partida de Armado de Acero Muros de Corte.....	105
Figura 86: Ocupación del tiempo del Operario 02 en la Partida de Armado de Acero Muros de Corte.....	105
Figura 87: Ocupación del tiempo del Oficial 03 en la Partida de Armado de Acero Muros de Corte.....	105
Figura 88: Ocupación del tiempo del Oficial 04 en la Partida de Armado de Acero Muros de Corte.....	106
Figura 89: Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero Columna.....	108
Figura 90: Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero Columna.....	108
Figura 91: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Acero Columnas .....	109
Figura 92: Trabajo Productivo en la partida de Acero Columnas.....	109
Figura 93: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Acero Columnas.....	110
Figura 94: Trabajo Contributorio en la partida de Acero Columnas.....	110
Figura 95: Ocupación del tiempo del Operario 01 en la Partida de Armado de Acero Columnas.....	111
Figura 96: Ocupación del tiempo del Oficial 02 en la Partida de Armado de Acero Columnas .....	112
Figura 97: Diagrama de Flujo de la partida de Asentado de muros de ladrillo.....	115

Figura 98: Diagrama de spaghetti de la partida de Asentado de muros de ladrillo.....	115
Figura 99: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de ladrillo .....	116
Figura 100: Trabajo Productivo en la Partida de Asentado de Muros Portantes .....	116
Figura 101: Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Asentado de Muros de Ladrillo .....	117
Figura 102: Trabajo Contributorio en la partida de Asentado de Muros de Ladrillo.....	118
Figura 103: Ocupación del tiempo del Operario 1 en la partida de Asentado .....	119
Figura 104: Ocupación del tiempo del Operario 02 en la partida de Asentado de Muros .....	119
Figura 105: Ocupación del tiempo del Peón 03 en la partida de Asentado de Muros .....	120
Figura 106: Cuadro Resumen de Tipo de Actividad por Proceso.....	125
Figura 107: Cuadro Resumen de Tipo de Actividad por Proceso modelo Lean.....	129
Figura 108: Modelo tradicional de Transformación .....	130
Figura 109: Modelo de Flujos Lean Constraction.....	131
Figura 110: Gráfico Comparativo de la Partida Encofrado Columna.....	132
Figura 111: Gráfico Comparativo de la Partida Encofrado Muros de Corte .....	133
Figura 112: Gráfico Comparativo de la Partida Encofrado Vigas .....	135
Figura 113: Gráfico Comparativo de la Partida Encofrado Losa.....	136
Figura 114: Gráfico Comparativo de la Partida Concreto Columnas .....	137
Figura 115: Gráfico Comparativo de la Partida Concreto Muros de Corte .....	139
Figura 116: Gráfico Comparativo de la Partida Concreto Losa.....	140
Figura 117: Gráfico Comparativo de la Partida Acero Columnas .....	141
Figura 118: Gráfico Comparativo de la Partida Acero Muros de Corte .....	142
Figura 119: Gráfico Comparativo de la Partida Muros Portantes de Ladrillo .....	143
Figura 120: Resumen General de Partidas .....	144
Figura 121: Curva S - Especialidad Estructuras partiendo desde el Primer Nivel- Block A..	145
Plano de Block A de la edificación Paseo Pacasmayo Planta típica .....	154
Fuente: <i>ICM</i> .....	154
Plano de Block A de la edificación Paseo Pacasmayo Primer nivel .....	154
Fuente: <i>ICM</i> .....	154
Mapa de ubicación del Proyecto Edificación Residencial Paseo Pacasmayo .....	156
Fuente: <i>Google Maps</i> .....	156
Imagen de Ubicación del terreno para el desarrollo del Proyecto Edificación Residencial Paseo Pacasmayo.....	156
Fuente: <i>Google Maps</i> .....	156
Reconocimiento del terreno Fuente: <i>Elaboración Propia</i> .....	157
Modelo 3D Fachada .....	157

Fuente: *ICM*..... 157  
Modelo 3D Fachada Block A..... 158  
Fuente: *ICM*..... 158

## Resumen

El presente proyecto posee como fin el incremento de la productividad en partidas seleccionadas de la especialidad de estructuras de un proyecto residencial, por medio del empleo de la Herramienta Cartas Balance bajo un enfoque Lean Construction, así se hizo un análisis continuo de los tipos de trabajos ejecutados en cada partida escogida de dicha especialidad en el Block A del Edificio Residencial Paseo Pacasmayo como son los Trabajos Productivos, Contributorios, haciendo así las propuestas de mejoras continuas para los distintos procesos. Finalizada la adaptación del uso de la herramienta Cartas Balance, se va a poder equiparar la manera clásica de edificar con la utilización de la filosofía Lean Construction, viendo los beneficios que se obtendrán.

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

## **Abstract**

The purpose of this project is to improve productivity in the specialty items of multifamily building structures, through the application of Balance Letters Under a Lean Construction approach, thus making a continuous measurement will identify the types of work performed improvement proposals corresponding to each process. At the end of the implementation of the Balance Letters tool, you can compare the traditional way of building with the implementation of the Lean Construction philosophy, seeing the benefits that this brings.

**KEYWORDS:** Letters Balance, Lean Construction, Productivity, contributory work, non-contributory work, productive work.

## I. Introducción

En el Perú el ámbito edificaciones presente en la industria de la construcción posee un porcentaje importante del PBI, a pesar de esto, es caracterizado por su atraso y por tener índices de calidad y productividad muy bajos y deficientes. Un efecto directo de este caso es el alto grado de desperdicio de recursos de toda índole (humanos, energéticos, materiales, financieros, etcétera.) que este sector crea.

En nuestro estado únicamente producimos de forma positiva el 28% de tiempo. De manera que, si no mejoramos los niveles de empleo del tiempo y nos mantenemos en niveles de productividad ineficientes, nuestro Estado no va a poder salir de su condición de nación subdesarrollada, de nada sirve esperar a tener un gobierno muy bueno, lo que se debe hacer es estar realmente seguros que los cambios están en nuestras propias manos. [1]

José Luis Vitteri [3] recalca que en la constante pesquisa por optimizar los niveles de productividad y abaratar costes se emplearon procedimientos y técnicas la cuales han evaluado indistintamente todos los procesos de construcción.

Sabiendo el caso en el que está nuestro país y tomando conciencia de la existencia en el sector construcción de un escaso grado de productividad y un alta índice de incumplimiento en el cronograma de obra es necesaria una evaluación de la gestión de proyectos, es por esto por lo que en el año 2011 se forma el Capítulo Peruano Lean Construction Institute, que tiene como fin incrementar los niveles de eficiencia y competencia del ambito de la construcción nacional movido por relevantes organizaciones de construcción del Perú. [4]

Enfocándonos en esta monumental problemática, es de suma trascendencia examinar detalladamente el grado de productividad real en las estructuras locales para lograr detectar de forma eficiente las múltiples razones de los niveles tan bajos de productividad y poder formular proposiciones de mejora. En la presente tesis se ha empleado la herramienta Cartas Balance, bajo la perspectiva Lean Construction, filosofía que viene siendo aplicada en el campo de la construcción en ciudades del Perú como Lima, y en otros países, de esta forma como España, Colombia, Chile, entre otros; obteniendo grandes soluciones en relación a la optimización de la productividad en la obra, ahorro de materiales, tiempo, y una mejor organización y planificación dentro de obra.

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes del problema

Encontramos en los diferentes estudios y bibliografía que guardan estrecha relación con la investigación:

Aplicación de la herramienta de Cartas balance bajo un enfoque Lean Construction para la mejora de la productividad en obra del proyecto Paseo Pacasmayo en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque encontramos lo siguiente:

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

Este trabajo tuvo como finalidad mostrar y garantizar los frutos obtenidos por la aplicación de métodos y conocimientos de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación, mejorando la productividad, regirse lo más posible a la programación para llevar a cabo el desarrollo de las partidas realizadas por los trabajadores que la empresa tiene. [4]

**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.**

La finalidad de dicho plan radica en la optimización de la productividad aplicada las 3 ocupaciones más relevante en la arquitectura de un plan. Por medio de las Cartas de Balance se logró un análisis de varias acciones elegidas de cuadrilla para de esta forma encontrar la mejor manera de desarrollar estas tres actividades.

Por medio de las Cartas de balance podemos hacer una descripción formal del proceso de una operación en la construcción, detalladamente; también se puede hacer un comentario del método empleado para cerciorarse de que sea más adecuado o si se debería reemplazar, también podremos hallar el número de trabajadores óptimo distribuidos en las cuadrillas, encontrando importante información para una evaluación del rendimiento de cada trabajador. Por medio

de esta herramienta se logró el diagnóstico inicial del método de trabajo en las partidas elegidas con las que se plantearan las mejoras continuas que aseguren un mejor desempeño a todas las actividades analizadas y que influyan en la puesta en marcha de la obra.

**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.**

Ante todo, el propósito de esta tesis ha sido optimizar la productividad en la ejecución de las partidas en la especialidad de estructuras dadas en la construcción de casas con el empleo del sistema de Lean Construction, utilizando como alusión a una obra habitual en la localidad de Cusco elaborado por la organización “Ingenius Estructuras S.R.L.”

Con el uso de las herramientas del sistema de gestión de producción LEAN CONSTRUCTION se dio el planteamiento de un plan de gestión de producción. Para esta finalidad, se inició realizando una evaluación sobre el diagnóstico de la realidad vigente de la Obra llamada “Residencial Calicanto” en sus comienzos de ejecución, delimitando los tiempos empleados en tareas productivas, no contributorias y contributorias, usando la herramienta del sistema de gestión de producción. [8]

**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 principal aporte de esta tesis ha sido reducir tiempos y costos en la ampliación de la escuela Markham nos muestra como mediante el uso de cartas balance se tienen la posibilidad de proponer resoluciones claras y directas para el aumento de la

productividad en la ampliación del colegio Markham centrándose en procesos con gran relevancia en la construcción e incidencia en esta fase que es llamada como “ensamblaje sin pérdidas” de acuerdo con la filosofía Lean. Y con ello la herramienta de cartas balance dejará tomar decisiones para mejorar y obtener resultados beneficiosos sobre el decrecimiento de desperdicios y trabajos no contributorios para aumentar la productividad. [9]

**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.**

En esta tesis vemos como objetivo incrementar la productividad en el casco estructural del proyecto “Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte” desde llevar a cabo la filosofía Lean de localización de pérdidas y técnicas que logren la mitigación de estas.

Con el nivel de productividad calculado de la medición desarrollada usando herramientas como “carta balance” y “nivel general de actividades” siguiendo con el incremento del grado de la misma partiendo de la planeación de mejoras continuas del grado de productividad, teniendo dos ítems: Llevar a cabo una programación a corto plazo y reconociendo las deficiencias y pérdidas más comunes como además las que la producen. [10]

## 2.2. Bases Teórico Científicas

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

Alfredo, Serpell B. «Administración de Operaciones de Construcción” Alfaomega, 2003. Partiendo de la validez profesional este libro nos enseña la guía y las herramientas que todo administrador de operaciones debe manejar y saber en la construcción para afrontar los desafíos de actualidad y un futuro en este monumental sector, ya que la industria de la construcción es una actividad de gran trascendencia en el sector económico de cualquier estado, sin embargo, en los últimos tiempos y más que nada en países camino al progreso, tiene un proceso lento que no pudo aprovechar el desarrollo tecnológico, además de unas

ciertas deficiencias que han dado como consecuencia un gasto cuantioso de los recursos empleados; problemática directa e indirecta generada en el control y operación de estructuras. [11]

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

En este artículo se aprecia la técnica de Cartas de Balance, para la evaluación de operaciones de construcción. En primera instancia, se definen las metas que busca utilizar esta técnica de estudio, para luego difundir el proceso de análisis de las cuadrillas en grupo con modelos prácticos. Además, se otorgan conclusiones prácticas alcanzadas a lo largo de su aplicación en lote. [12]

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

El fin primordial de este libro es lograr ofrecer a los expertos, alumnos y personas con interés la rama de construcción la utilización, los saberes necesarios y/o esenciales para lograr llevar a cabo un Presupuesto de Obra utilizando los criterios técnicos y su planteamiento en obras de edificación [13]

**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”. Fue desarrollado como una herramienta -del conocimiento en las empresas, buscando impulsar un trabajo cooperativo entre los delegados a hacer las partidas que aporten a la eficiencia general del plan. Este manual nos da información clara y sencilla, con el objetivo de llegar a un enorme conjunto de interesados en la filosofía Lean. [14]

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

Este escrito muestra la actual situación y los grados de productividad de las organizaciones constructoras del Perú a finales de los 90’s e principios del nuevo milenio, de esta forma como una fuente crítica al sistema de nosotros. Además,

se muestran propuestas concisas y de aplicación ya comprobada para el principio del proceso de cambio y optimización de la productividad y eficiencia que la propia industria como nuestro estado requieren profundamente. [1]

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

En el libro se presentan los principales términos de los que se rige la técnica de programación también llamada como Línea de Balance, ciertos ejemplos aplicativos de esta, ventajas y desventajas que corresponden al CPM y varias proposiciones de mecanización por parte de este método con ayuda de la ciencia y tecnología. [15]

**Norma E-060: Concreto Armado. Reglamento Nacional de Edificaciones.**

Esta norma especifica los requisitos mínimos de análisis, materiales, diseño, construcción, control de calidad y supervisión correspondientes a concreto armado, pre esforzado y simple.

### **III. Materiales y métodos**

#### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

Considerando el fin que busca esta investigación es considerado de tipo aplicada. Debido a que es sustentada por resultados de investigaciones y análisis y así partiendo de estos lograr los objetivos propuestos. Por el tipo de datos analizados esta investigación es considerada cuantitativa.

De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis esta investigación es considerada experimental.

#### **3.2. Diseño de investigación**

Según el diseño de la investigación se considera descriptiva. Se necesita de un amplio conocimiento y descripción de la actualidad respecto a las condiciones, por medio de la recolección y toma de datos.

### 3.3. Población, muestra, muestreo

Para la investigación la muestra deberá ser representativa, la cual sea considerablemente grande para que sea correcta estadísticamente, algunas cualidades del proyecto podrían ser predeterminadas. Debemos considerar que esta proyección no es exacta, pero si es representativa la muestra el resultado estaría semejante al contexto real [11]

Estadísticamente podrá ser validada la muestra partiendo de tres conceptos: límite de error, nivel de confianza y proporción por categoría.

El primero nos da la precisión en lo que respecta al valor estimado, el siguiente provee la confiabilidad del resultado y finalmente el que nos dice la proporción proyectada de la muestra, ósea, cómo son repartidos los resultados de la muestra.

Aplicado a la medición vía cartas balance se recomienda que la distribución esperada sea de 20:80. Por tan podremos considerar adecuado tener un nivel de confiabilidad del 95% con un error de 5% como límite para así poder tener una representación de cómo se distribuye toda la obra. Observando la primera tabla necesitaremos de 384 mediciones efectuadas en campo.

Proporción por Categoría (%)	95% nivel de confianza				90% nivel de confianza			
	Límite de error (%)				Límite de error (%)			
	1	2.5	5	10	1	2.5	5	10
50:50	9604	1537	<b>384</b>	96	6765	1082	271	68
40:60	9220	1475	369	92	6495	1039	260	65
30:70	8067	1291	323	81	5683	909	227	57
20:80	6147	983	246	61	4330	693	173	43
10:90	3457	553	138	35	2435	390	97	24

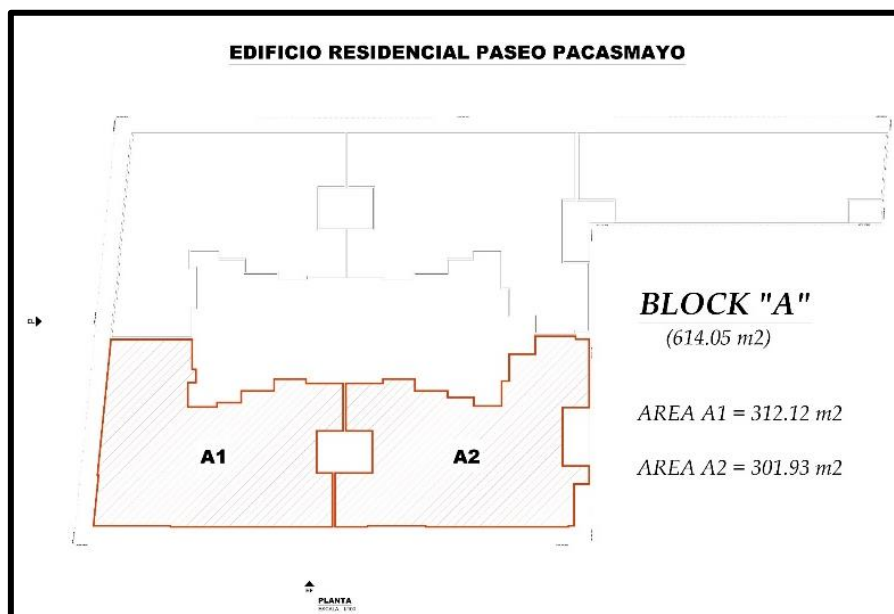
**Tabla 1: Tamaño de muestra requerido para niveles de confianza de 95% y 90%**

**Fuente:** Olomolaiye, Jayawardane & Harris, 1998

Tabla: Tamaño de muestra requerido para niveles de confianza de 95% y 90%

Para esta investigación las 384 muestras han sido tomadas en la población de la investigación la cual es la obra de edificación el Proyecto Edificio Multifamiliar Paseo Pacasmayo realizadas por la empresa ICM en la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque que cuenta con un área

aproximada de 2075.73 m<sup>2</sup> para la elaboración de los módulos que serán de 5 niveles más azotea. Mientras que las muestras serán tomadas de algunas partidas ejecutadas en el “Block A” el cual se divide en dos sub-bloques “A1” y “A2” con un área total de 614.05 m<sup>2</sup>.



**Figura 1: Plano de sectorización de block A Paseo Pacasmayo**

**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 3.4. Criterios de selección

La ejecución de la investigación se llevará a cabo mediante el empleo de la herramienta de Carta Balance bajo un enfoque Lean Construction. Midiendo de esta forma tendremos en claro como es la secuencia utilizada en construcción y así optimizar lo evaluado. “El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente.” [12]

El uso de esta herramienta es realmente factible en el campo de la construcción porque es muy versátil y tienen un amplio uso en especial en obras con esquemas que se trabajan con procesos constantes y bajo un mismo formato, así para hacer dicho análisis se ha considerado seleccionar las partidas más resaltantes y de mayor envergadura del proyecto a investigar la cuales son

- Encofrado (Subcontrato): Columnas, Vigas, Muros de corte, Losas.
- Habilidad y armado de acero (Subcontrato): Columnas, Muros de corte.
- Concreto: Columna, Muros de corte, Losa
- Asentado de muros: Muros Portantes

### 3.5. Operacionalización de variables

#### 3.5.1. Variable independiente

La herramienta Cartas Balance bajo un enfoque Lean Construction.

#### 3.5.2. Variable dependiente

La productividad en la obra Paseo Pacasmayo de la ciudad de Chiclayo, provincia Chiclayo, departamento de Lambayeque.

VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR	MEDICIÓN	RANGO DE VARIABILIDAD	
Productividad de la mano de obra	Trabajo productivo	Trabajos que afecten directamente a la partida	%	1-100	
	Trabajo contributorio	Transporte de material		%	1-100
		Preparación de insumos		%	1-100
		Preparación del área de trabajo		%	1-100
		Toma de mediciones		%	1-100
		Toma de datos		%	1-100
		Abastecimiento		%	1-100
		Vibrado		%	1-100
		Transportes de material		%	1-100
		Habilitación de encofrado		%	1-100
		Habilitación de acero		%	1-100
		Limpieza		%	1-100
	Recibir /Dar Instrucciones		%	1-100	
	Trabajo no contributorio	Esperas		%	1-100
		Descansos		%	1-100
		Trabajos rehechos		%	1-100
		Viajes improductivos		%	1-100
		Uso deservicios Higiénicos		%	1-100
Otras actividades no productivas			%	1-100	

**Tabla 2: Operacionalización de variables**

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.6. Conceptos básicos

Kenny Revilla, Kenny Ernesto. “Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction”. Tesis Pregrado, Lima: UPC, 2012.

#### 3.6.1. Productividad

Se debe saber que la productividad se conoce como la relación que existe entre lo que se ha producido y lo que se ha gastado para realizar una actividad. Alfredo Serpell (1994) nos da una definición sobre productividad vista en el ámbito de la construcción como la medida tomada de la eficiencia con las que son administrados los recursos para la realización de un proyecto determinado, situados en un periodo dado y teniendo un alto nivel de calidad. [12]

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{UNIDADES PRODUCIDAS}}{\text{INSUMOS EMPLEADOS}}$$

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{HORAS HOMBRE USADAS}}{\text{AVANCE DE LA PARTIDA}}$$

#### 3.6.2. Rendimiento y velocidad

Con frecuencia se escucha por parte de algunos alumnos o hasta profesionales caer en confusión entre las definiciones de velocidad y rendimiento. Ejemplificando, al momento de ver los APU se nombra al rendimiento, pero en realidad se debería mencionar a la velocidad. Como apreciaremos a continuación ambas definiciones son inversas.

- Rendimiento: Se considera al total de recursos empleados para hacer cierta unidad de producción:

Los miembros de la cuadrilla de asentado de muros portantes al terminar el proyecto emplearon un total de 4500 horas hombre, llegando a asentar 7000 metros cuadrados, así obtendríamos un rendimiento general de 0.64 hh/m<sup>2</sup>.

- Velocidad: total de producción ejecutado en un periodo de tiempo: En la partida de vaciado de muros de corte los integrantes de la cuadrilla diariamente vacían un total de 15 m<sup>3</sup>, con ello como resultado sería 15 m<sup>3</sup>/día. [12]

### 3.6.3. Variabilidad

[12] Esto vendría a ser la capacidad que se posee a variar. En el sector construcción dicha capacidad es muy elevada, algunas de la razón por la que se produce variabilidad son:

El martes un oficial de la cuadrilla de instalación de cerámica faltó.

Llegó 2 horas tarde la empresa de concreto DINO.

Falló la tolva para el concreto.

Intervención del sindicato que genera una paralización.

Demora por la entrega de insumos y materiales por parte de los proveedores.

Medidas distintas de ventana en la edificación.

Proyecto cuenta con una arquitectura asimétrica.

### 3.6.4. Desperdicio.

Desperdicio puede ser definido como “cualquier pérdida producida por actividades que generan, directa o indirectamente, costos, pero no adicionan valor alguno al producto desde el punto de vista del cliente final” [16]

Esta puede ser clasificada por:

Capacidad que posee a ser desechada:

- Desperdicio Evitable: este se da cuanto se tiene un costo de prevención del mismo mucho menor que el costo de desecho.
- Desperdicio Inevitable: Aquel se da de manera natural por el cual se necesita invertir para su mitigación un costo por encima del que lo genera. [17]

Por su naturaleza

- Producido debido a la sobreproducción
- Producido debido a la sustitución
- Producido debido al tiempo de esperas
- Producido debido al transporte
- Producido debido al procesamiento
- Producido debido a los movimientos [17]

#### 3.6.5. Trabajo productivo (TP):

Son aquellas labores que generan y aumentan valor y son las que el contratista o cliente busca pagar. [14]

#### 3.6.6. Trabajo contributivo (TC):

Son aquellas labores usadas como apoyo y que pueden ser necesarias, pero no aportan valor. Ha estas tareas se les consideran como pérdidas y necesitan de un análisis para poder minimizarlas. [14]

**Búsqueda de materiales y/o herramienta (BH):** Son desplazamientos de los trabajadores en búsqueda de los insumos o materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

**Colocación de dados de recubrimiento (CT):** Sujeción de dados en las armaduras correspondientes para el adecuado recubrimiento.

**Moverse a otro punto de colocación (M):** Considera el desplazamiento del trabajador para la colocación de material.

**Tomar medidas (TM):** Comprobación dimensiones de elementos requeridas para la ejecución de la obra.

**Corte, doblado y acarreo de material (CDA)**

**Corte de ladrillo (CL):** Uso de badilejo u otro instrumento para el corte del ladrillo y poder realizar el adecuado asentado del muro.

**Acarreo de material (AM):** Transporte de material a la ubicación correspondiente para la ejecución de la partida a realizar.

**Recibir/dar instrucciones (I):** Comprende recibir/dar la indicación correspondiente de los trabajos a desarrollar por parte del maestro de obra o algún superior.

**Llenado de cilindro de agua (LL):** Comprende el abastecimiento de los depósitos o contenedores de agua para las distintas a realizar.

**Apilar ladrillos (AL):** Considera la colocación de ladrillos en el lugar de trabajo luego de su respectivo acarreo.

**Mezclado de mortero (MM):** Considera el mezclado de los materiales correspondientes para la elaboración del mortero ya sea por medio de palana o en la mezcladora.

**Medida de nivel (MN):** Considera la toma de medida del nivel adecuado para el correcto acabado de cualquier elemento en la obra ya sea para los muros, el encofrado, etc.

**Limpieza de herramientas (LH):** Considera la limpieza de las herramientas para que estén en un estado óptimo para su eficiente utilización.

**Colocación de mechas (ME):** Considera la adecuada colocación de mechas con una adecuada separación entre ellas e ingresadas al elemento estructural hasta  $\frac{1}{4}$  de la sección del mismo.

**Retiro de pernos de ajuste (RP):** Considera la extracción de cualquier material de ajuste para todo tipo de encofrado ya sea espárragos, pernos etc.

**Colocar plomada (P):** Considera toda revisión de la correcta colocación del encofrado por medio de la plomada para que sea una medida uniforme.

**Retiro de puntales (PT):** Sacar los puntales que sostienen algún encofrado

**Aplicación de desmoldante (AD):** Considera toda aplicación de elemento para un fácil desmoldado posterior en el encofrado ya sea para metálico o de madera por ejemplo petróleo, etc.

**Limpieza de formas de encofrado (LE):** Retirar los residuos de concreto que pudieron haber quedado luego del desencofrado respectivo

**Vibrado (VIB):** Correcto uso de la maquina vibradora ya sea mecánica o eléctrica o hasta la utilización de una varilla, todo de manera correcta por capas y así evitar partículas de aire atrapado y que no se produzcan las cangrejeras.

**Juntar concreto en balde (JC):** Llenar los baldes con concreto para el vaciado correspondiente ya sea para columnas, muros de corte, columnetas, etc.

**Juntar concreto en bogue (JB):** Llenar los boguies con concreto para el vaciado correspondiente ya sea para la losa, columnas, muros de corte, columnetas, etc.

**Abastecer mezcladora (AME):** El llenado de la mezcladora con el material correspondiente para la fabricación de la tanda de concreto que se vaya a necesitar.

**Abastecer la hormigonera (AH):** El llenado de la auto hormigonera con el material correspondiente para la fabricación de la tanda de concreto que se vaya a necesitar.

**Colocación de chute (CC):** Considera la ubicación y disposición del chute para un mayor alcance del concreto vaciado desde la auto hormigonera y que optimice este proceso.

**Colocación de aditivo (CA):** Uso de aditivo para cualquier concreto que sea utilizado en la obra.

**Manipulación del winche (W):** El uso del winche por parte del operados para subir y bajar los capachos con concreto usado en este caso para los distintos vaciados en alturas ya sea de la losa, las columnas, muros de corte, etc.

#### 3.6.7. Trabajo no contributorio o no productivo (TNC):

Son aquellas tareas totalmente innecesarias, estas poseen un costo y no aportan valor, por consiguiente, son las llamadas pérdidas [14]

**Esperas (E):** Generadas cuando los trabajadores están separados considerablemente de los materiales para seguir con la partida que ejercen, también cuando no poseen los equipos y materiales para seguir con sus actividades.

**Descansos (0):** Caudas por el cansancio físico o también con se quiere ingerir alimentos o beber agua.

**Trabajo rehecho (TR):** Cuando no hay un entendimiento claro de la actividad a realizar y no se hizo una supervisión adecuada, también dada por una deficiente planificación en las tareas.

**Tiempo de ocio (TO):** cuando la actividad que realiza no tiene aporte alguno en el desarrollo de la obra.

**Viajes improductivos (VI):** Cuando no se realizó una buena disposición de zonas de trabajo y se realizan largos desplazamientos en la obra.

**Ir a los servicios higiénicos (SH):** Esta actividad dada por las necesidades fisiológicas de los trabajadores.

### 3.6.8. Last Planner System

Last Planner System es una metodología que nos permite llevar un control de producción plasmado de tal manera que se constituya “lo que debería hacerse”, “lo que se puede hacer”, “lo que se hará” y “lo que se hizo realmente” de la planificación y de esta manera tener un panorama más amplio y ver todas las posibilidades dentro del desarrollo del proyecto. [18]



**Figura 2: Esquema del Debe – Se hará – Se puede**

**Fuente:** Lean Construction y la Planificación Colaborativa

En la siguiente tabla se aprecia la relación existente entre las distintas fases de este esquema de trabajo con las fases que serán propuestas para un adecuado control.

RELACIÓN ENTRE EL DEBE-SE HARÁ-SE PUEDE Y LAS FASES DE PLANIFICACIÓN DEL LPS		
<b>Debería</b>	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos.
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fechas de cada equipo/sector.
<b>Se puede</b>	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación.
<b>Se hará</b>	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el período.
<b>Se hizo</b>	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento.

**Figura 3: Relación entre el Debe-Se hará- Se puede y las fases de**

**Fuente:** Lean Construction y la Planificación Colaborativa

### 3.6.9. Programación maestra:

El objetivo principal de esta es tener en claro lo que se busca lograr y también los objetivos a alcanzar finalizado el proyecto, siendo necesario que todos los involucrados sepan con claridad los objetivos debido a que en todos formamos parte de un mismo equipo y teniendo una meta fija remaremos en un mismo sentido.

La programación maestra se elabora tradicionalmente con el Diagrama de Gantt del cronograma de obra, pero es comprobado que a medida que se avance con el desarrollo del proyecto el cronograma termina siendo modificado debido su alta variabilidad, pero la planificación maestra a pesar de ser a largo plazo, no se elabora de una manera tan detallada ni su finalidad es que las fechas programadas por los jefes de grupo y último planificador se cumplan cien por ciento, pero nos sirve para darnos una visión general del Proyecto y para comprometer a los grupos de trabajo a tener un pacto para lograr los objetivos finales. Es importante identificar en esta etapa las distintas fases que va a tener el proyecto, para así más adelante poder hacer la planificación por cada una de ellas. [18]

### 3.6.10. Programación Intermedia “Lookahead”

Una vez realizado el Plan Maestro, la segunda etapa es realizar la planificación Lookahead, la cual no es más que una programación más detallada, se recomienda que se planifique entre tres a cinco semanas, mientras menos sea el tiempo mejor. A su vez en esta Programación también se encuentran ligados a una serie de restricciones las cuales nos indicarán el posible motivo por la cuál tarea no pueda ejecutarse en el intervalo propuesto. [3] Esta planificación se realiza al igual que la Planificación Maestra con todos los responsables de ejecutar (Subcontratistas, Maestros, Jefes de Grupo, Ingenieros) los cuales colocarán tarjetas con la información necesaria para el desarrollo de la actividad dentro del día que prevén hacer la actividad. [18]

### 3.6.11. Programación Semanal

Esta Programación es un plan de corto plazo, en el intervienen los ya llamados “últimos planificadores”, estas personas se adjudican el avance del proyecto, con los objetivos a 283 cumplir. Para poder realizar esta programación es que todas estas actividades hayan sido liberadas de sus restricciones, entonces se planifica lo que se hará durante la semana de trabajo teniendo solamente actividades con el cien por ciento de disponibilidad para ejecutarse, ya que es inútil colocar actividades que se saben que no podrán ser ejecutadas. [18]

## 3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.7.1. Métodos y técnicas:

Observación por medio de visitas al proyecto en el que se aplicará la filosofía Lean Construction, para la recolección de datos que serán necesarios para la elaboración del proyecto.

Análisis de los problemas que originan pérdidas en el proyecto, ante los cuales se plantearán las soluciones empleando la herramienta Cartas Balance.

### 3.7.2. Instrumentos:

Para la realización de la presente investigación se usaron instrumentos de apoyo y estos son los siguientes:

Algunos programas esenciales de computación como es el Excel, Microsoft Word, Power Point, Ms Project; programas ingenieriles como el S10 y AUTOCAD.

### 3.8. Procedimientos

#### 3.8.1. Metodología: Carta Balance

La herramienta Cartas Balance busca el reconocimiento y la mitigación a los tiempos No Contributorios para lograr así un crecimiento de los Tiempos usados en Trabajos Contributorios logrando con esto un incremento directo del Tiempo Productivos, así Alfredo Serpell [12] planteó la metodología mostrada a continuación:

1. Realizar una observación de cómo se realizan los procesos constructivos y realizar una comparativa para así evaluar cual sería el más favorable y si se realiza un adecuado proceso.
2. Hacer una medición previa del nivel de empleo eficiente en lo que a recursos de mano de obra respecta para la partida seleccionada.
3. Hacer una revisión detallada del esquema de trabajo o proceso, centrándose en labores desempeñados en grandes amplias zonas de trabajo.
4. Determinar el estado real de las condiciones donde se desarrolla el trabajo mediante el muestreo correspondiente.
5. Llevar a cabo el procesamiento de la data obtenida para así hacer una discusión y sacar conclusiones las cuales serán en favor de la determinación de las mejoras primordiales haciendo la carta balance óptima para lo que se propuso.
6. La empresa Graña y Montero dio a conocer también ciertas recomendaciones para la utilización de las Cartas Balance:

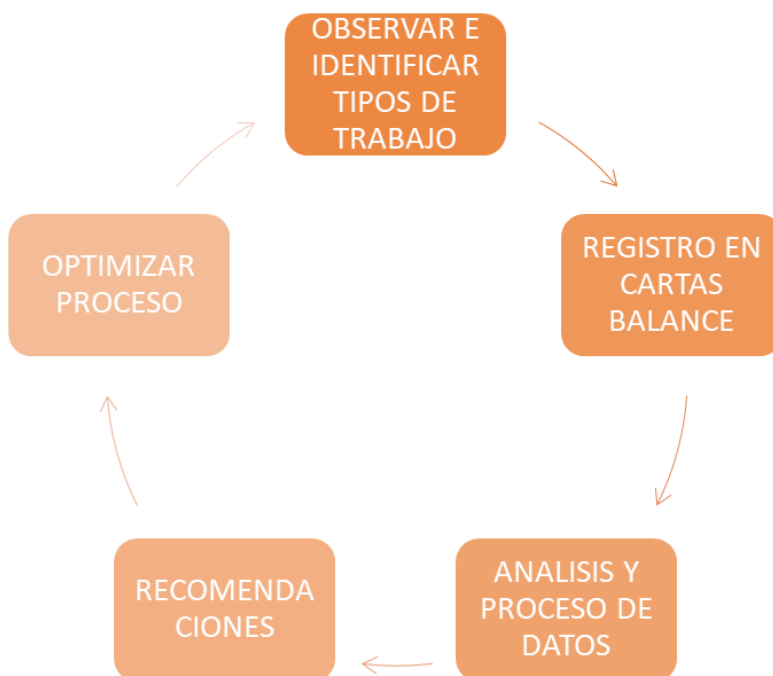
1. Poseer un entendimiento por medio de la observación de las tareas que se van a medir.
2. Reconocer y verificar a cada uno de los integrantes pertenecientes a la cuadrilla analizada.
3. El intervalo de tiempo recomendado para hacer las mediciones es de un minuto y se tomarán un mínimo de 30 mediciones.
4. Haciendo más sencillo el proceso no se deberá contar con más de 10 miembros en la cuadrilla.
5. Tomar anotaciones siempre de los que se puede apreciar en la partida analizada como las causas de las esperas y demoras, herramientas empleadas, etc.
6. Hacer el procesamiento de la data al momento de hacer la medición y demás acciones.
7. Tomar datos fundamentales para hacer la optimización correspondiente de la cuadrilla en caso sea necesario.

Para la utilización de esta herramienta se tendrán que seguir ciertos pasos, los cuales serán presentados a continuación:

1. Previo al comienzo de la toma de data, se busca reconocer los distintos tipos de trabajos a observar, Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio, Trabajo No Contributorio, y separarlos de acorde a la partida con la que se trabajará, también se agrega una leyenda adecuada para distinguirlos. Hacer las mediciones registrándolas en el formato de Cartas Balance, en un intervalo de tiempo de un minuto por medición de tareas presentes de cada miembro de la cuadrilla.

2. Llevar a cabo el procesamiento de la data obtenida para así hacer un análisis de los tiempos empleados por la cuadrilla y los miembros de la misma.
3. Analizar los resultados obtenidos de dicho proceso para plantear y llevar a cabo las mejoras continuas de la cuadrilla de acorde a la partida observada.

A continuación, se presentará un esquema claro de los pasos a seguir ya anteriormente expuestos:



**Figura 4: Procedimiento empleado para la optimización de las partidas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.9. Estrategias para el análisis y procesamiento de datos

#### 3.9.1. Reconocimiento e identificación de las tareas productivas, contributorias y no contributorias.

La primera medida durante la utilización de la herramienta Cartas Balance es el reconocimiento de todas tareas que se ejecutan para así llevar a cabo el objetivo meta de la partida a analizar, también se reúnen las actividades en base al empleo de tiempos las cuales están agrupadas en los siguientes: trabajos productivos, contributorios y no contributorios. Es sumamente necesario y muy importante tomar con detenimiento toda actividad realizada dentro de la partida, puesto que la data obtenida será fundamental para elaborar a detalle el flujo del proceso, también tener claro el tiempo que necesita integrante de la cuadrilla analizada para hacer una buena clasificación de tareas.

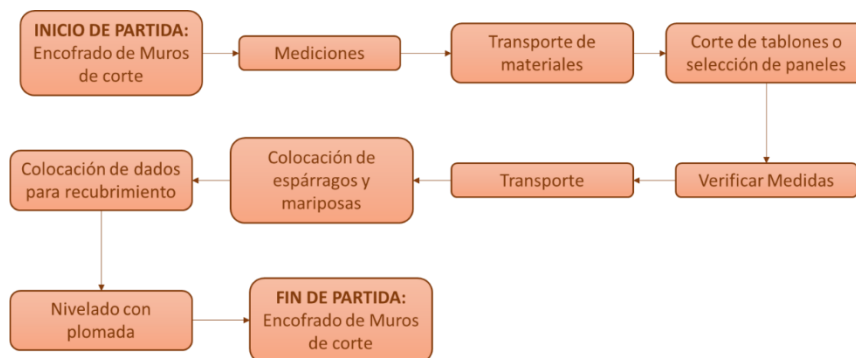
PARTIDA	TP	TC	TNC
Encofrado de muros de corte	Encofrado	Uso de nivel	Esperas
		Colocación de espárragos	Tiempo de ocio
		Transporte de planchas	SS. HH
		Colocación de mariposas	Viajes improductivos

**Tabla 3: Clasificación de los tipos de trabajo en la partida de Encofrado Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración Propia*

#### 3.9.2. Descripción del diagrama de flujo del proceso de las partidas

El diagrama del flujo de proceso sirve para poder darle un orden a las actividades realizadas y que están presentes en la partida evaluada sabiendo la injerencia encontrada en todas las tareas. El diagrama de flujo nos deja conocer claramente cuál es la secuencia de actividades a seguir y como se interrelaciona cada actividad con la otra. Y así poseer un orden y una óptima distribución y coordinación para el proceso constructivo en sí.

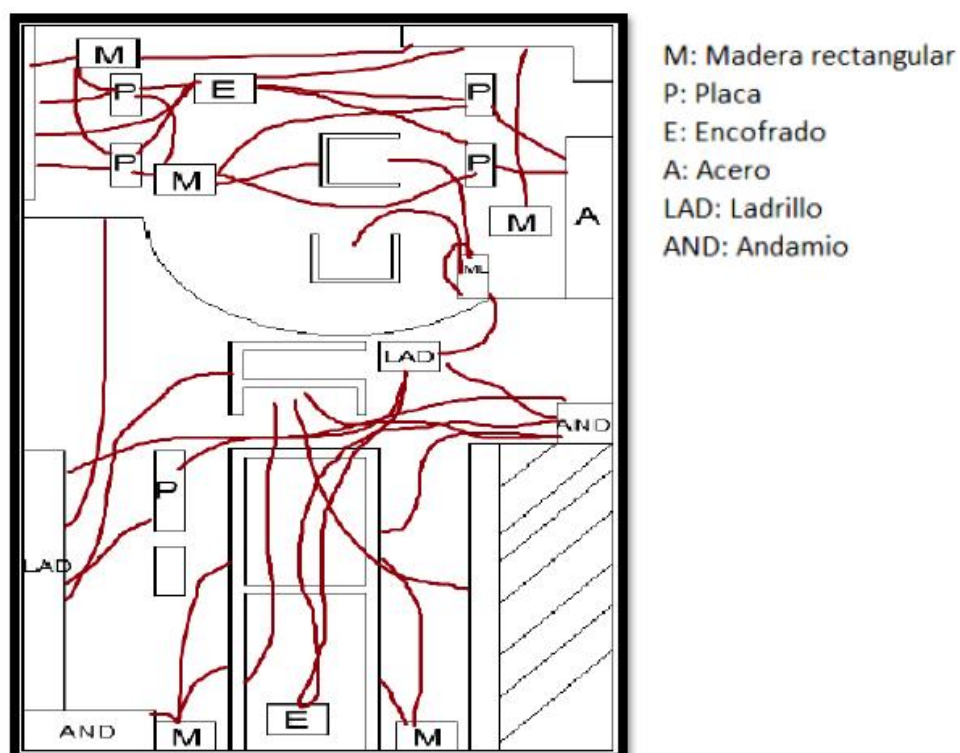


**Figura 5: Diagrama de Flujo la partida de encofrado**

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.9.3. Distribución del personal utilizado

Luego de haber observado el esquema de actividades con su respectivo orden analizado se tiene que considerar como está formada la cuadrilla y también la manera en que se distribuye en la zona de trabajo.



**Figura 6: Diagrama de Spaguetti del Proceso**

**Fuente:** *Ponencia Ing. César Guzmán Marquina*

### 3.9.4. Formatos y herramientas empleadas

Para llevar a cabo el registro de mediciones de los tipos de trabajos encontrados en obra, las cuales se hacen en un intervalo de un minuto por cada medición en la que los miembros serán registrados, para su posterior análisis teniendo en consideración que estén de manera clara todos los ítems a considerar.

ICM				CARTA BALANCE- MEDICIÓN EN CAMPO			
PROYECTO:		Paseo pacasmayo		PARTIDA:			
NOMBRE		CARGO		DESCRIPCIÓN:			
		OPERARIO	A	FECHA:			
		OFICIAL	B	HORA DE INICIO:			
		PEON	C	HORA DE FIN:			
				ELABORADO POR:		Arbulú Dávila David R.	

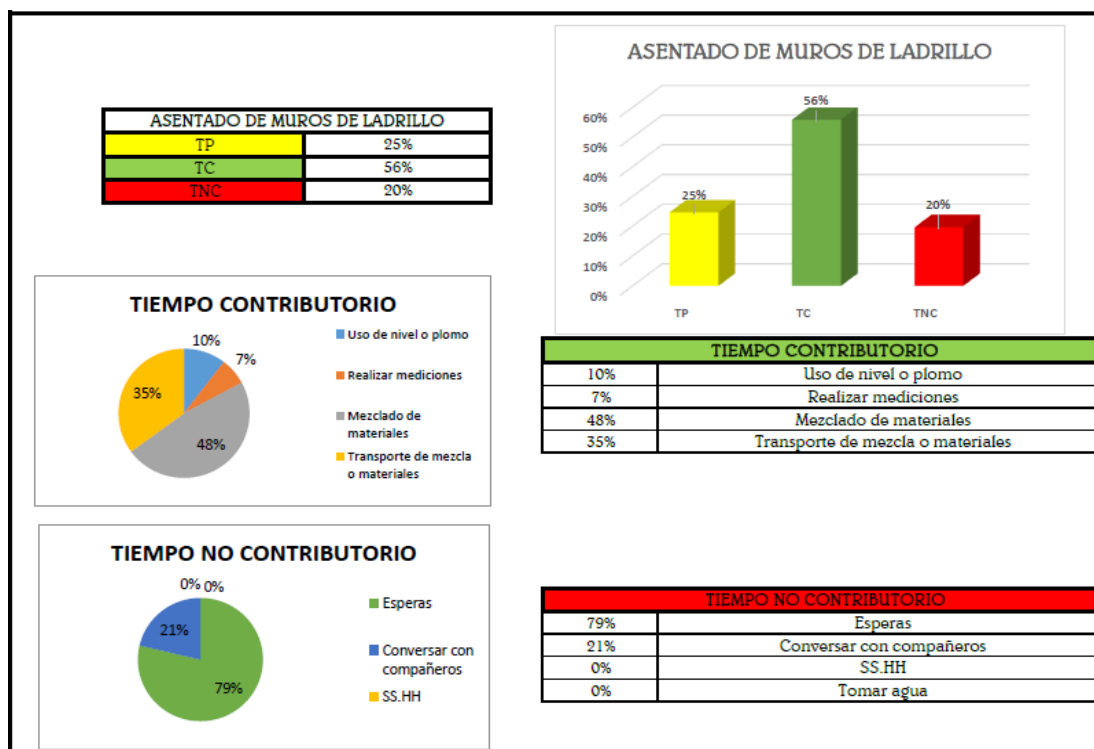
N	A	B	C			
1	CA	AA	AA			
2	CA	AA	AA			
3	CDA	AA	AA			
4	E	AA	AA			
5	CDA	AA	AA			
6	CDA	CT	CT			
7	CDA	CT	CT			
8	CDA	AA	AA			
9	CDA	CT	CT			
10	CDA	CT	CT			
11	CDA	AA	AA			
12	CA	AA	AA			
13	CA	AA	AA			
14	CDA	AA	AA			
15	E	AA	AA			
16	CDA	AA	AA			
17	CDA	AA	AA			
18	I	CT	CT			
19	I	CT	CT			
20	I	AA	AA			
21	I	AA	AA			
22	I	AA	AA			
23	E	CT	CT			
24	TO	CT	CT			
25	TO	AA	AA			
26	BH	AA	AA			
27	BH	TM	TM			
28	CA	TM	TM			
29	CA	AA	AA			
30	E	AA	AA			

TRABAJO NO PRODUCTIVO	
TR	Trabajo rehecho
E	Esperas
TO	Tiempo ocio
SH	Ir a los SS.HH
VI	Viajes improductivos
TRABAJO CONTRIBUTIVO	
BH	Búsqueda de materiales y/o herram.
CT	Colocación de dados de recubrimiento
M	Moverse a otro punto de colocación
TM	Tomar medidas
CDA	Corte, doblado y acarreo de material
I	Recibir/dar instrucciones
TRABAJO PRODUCTIVO	
CA	Colocación de acero
AA	Amarrado de alambre
TC	traslado de columna terminada

**Figura 7: Formato de Cartas Balance**

Fuente: *Elaboración Propia*



**Figura 8: Formato de Cartas Balance-Cuadros Resumen**

Fuente: *Elaboración Propia*

## 3.10. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPOTESIS Y VARIABLE	METODOLOGÍA
<p><b>Problema:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo mejorar el nivel de productividad de la mano de obra en la edificación Multifamiliar Paseo Pacasmayo de la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar las herramientas de cartas balance para mejorar la productividad en obra bajo un enfoque Lean Construction de la edificación Paseo Pacasmayo optimizando los procesos de construcción de las principales partidas de la especialidad de estructuras.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar los trabajos productivos, trabajos contributivos y trabajos no contributivos.</li> <li>Identificar los problemas más comunes en los procesos constructivos de las principales partidas de la especialidad de estructuras.</li> <li>Localizar las causas de los problemas encontrados en los procesos constructivos.</li> <li>Identificar las actividades de los procesos constructivos que no generan valor.</li> <li>Proponer mejoras continuas en cada partida analizada.</li> <li>Empleo de herramientas de calidad (diagramas causa y efecto, histogramas, cartas balance, etc.)</li> <li>Ejecutar planes de mejora para la productividad de obra</li> <li>Comparar la forma de trabajo tradicional con la propuesta Lean Construction, dando a conocer los beneficios que trae consigo esta filosofía.</li> </ul>	<p><b>Antecedentes del problema:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una Obra de Edificación.</li> <li>Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar</li> <li>Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas.</li> <li>Aplicación de Herramientas Lean Construction para optimizar los costos y tiempos en la ampliación del Colegio Markham.</li> </ul> <p><b>Bases teórico-científicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Administración de Operaciones de Construcción.</li> <li>Análisis de operaciones mediante cartas de balance.</li> <li>Costos y Presupuestos en edificaciones CAPECO.</li> <li>Manual práctico de herramientas de mejoramiento de construcción.</li> <li>Productividad en Obras de Construcción.</li> <li>Programación de Obras con la técnica Línea de Balance.</li> <li>Reglamento Nacional de Edificaciones</li> </ul>	<p><b>Formulación de la hipótesis:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El nivel de la productividad de la mano de obra en la edificación Paseo Pacasmayo mejorará con la aplicación de la herramienta de cartas balance bajo un enfoque Lean Construction.</li> </ul> <p><b>Variables:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Variable independiente: La herramienta Cartas Balance bajo un enfoque Lean Construction</li> <li>Variable dependiente: La productividad en la obra Paseo Pacasmayo de la ciudad de Chiclayo, provincia Chiclayo, departamento de Lambayeque.</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La presente investigación es considerada de tipo aplicada.</li> </ul> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis esta investigación es considerada experimental.</li> </ul> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De acuerdo al diseño de investigación se considera descriptiva.</li> </ul> <p><b>Población:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Edificio Multifamiliar Paseo Pacasmayo en la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque.</li> </ul> <p><b>Muestra:</b></p> <p>Principales partidas de la especialidad de estructuras, arquitectura.</p>

Tabla 4: Matriz de consistencia

Fuente: *Elaboración propia*

### 3.11. Consideraciones éticas

Se cumplió con los lineamientos presentados por el Reglamento USAT para la realización de la presente tesis, así como realizar la solicitud de la información necesaria a las instituciones pertinentes, en este caso, La constructora ICM (Ingeniería Civil Montajes S.A.).

Para los trabajos de campo, en este caso, las observaciones, toma de datos y posteriores mejoras, si existe la posibilidad de realizarlos más adelante, debido a la coyuntura tanto nacional como mundial, se cumplirá con las medidas de prevención adecuadas para el cuidado propio y del personal que sea requerido para llevar a cabo las actividades necesarias.

La presente tesis desarrolla la herramienta carta Balance bajo un enfoque Lean para mejorar la productividad en obra, “el objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente.” [12] Con ello consideramos que las mejoras que se podrían aplicar no atentaran con sobre esforzar a los trabajadores con horas extras si no realizar los procesos de manera más inteligente de modo tal que sus resultados sean mucho más beneficiosos para ellos como para la empresa.

## **IV. Resultados y discusión**

### **Inicio de utilización de La Herramienta de Cartas Balance**

#### 4.1. Proyecto Elegido para el desarrollo de la investigación

La obra donde se realizó el empleo de las herramientas Cartas Balance con un enfoque Lean Construction y posteriores mejoras en los trabajos productivos, es el edificio Paseo Pacasmayo, proyecto que desarrolla ICM Ingeniería Civil Montajes S.A. Este proyecto está situado en la Urb. Las delicias Calle Prolongación Pacasmayo cuadra 7, Distrito de Chiclayo, Provincia Chiclayo en el departamento de Lambayeque.

Los edificios analizados pertenecen al primer bloque de 3 a desarrollar en todo el proyecto, los cual pertenecen al denominado “Block A” y cuentan con 5 niveles cada uno. El Block A posee un plazo de ejecución estimado de 4 meses para la especialidad de Estructuras.



**Figura 9: Modelo 3D Fachada Block A**

**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 4.2. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean de las Partidas seleccionadas de encofrado en obra.

##### 4.2.1. Empleo de la metodología

Como primera medida se busca realizar una adecuada identificación y reconocimiento de las distintas actividades realizados los cuales están divididas en 3 la cuales son actividades o tareas productivas, contributorias y por ultimo las no contributorias.

Continuando con la metodología que se empleará en las partidas seleccionadas de Encofrado se procede a seleccionar las tareas que pertenecen al Trabajo Productivo, estas son las que repercuten al resultado final de una manera directa

quedando así fijas. Las tareas productivas más relevantes de las partidas de encofrado fueron la colocación de formas de elemento, fabricación de elementos, colocación de mariposas y espárragos, colocación de dados de recubrimiento.

Las tareas encontradas en los Trabajos Contributorios fueron el transporte de materiales, limpieza de formas de encofrado, búsqueda de materiales, dar instrucciones, etc.

Para finalizar vimos las tareas encontradas en los Trabajos No Contributorios como los trabajos rehechos, los tiempos de ocio, idas al baño y las esperas.

Teniendo en claro las actividades a medir se colocaron en la siguiente tabla:

PARTIDA	TP	TC	TNC
Encofrado de muros de corte	Encofrado	Uso de nivel	Esperas
		Colocación de espárragos	Tiempo de ocio
		Transporte de planchas	SS.HH
		Colocación de mariposas	Viajes improductivos

**Tabla 5: Clasificación de los tipos de trabajo**

**Fuente:** *Elaboración propia*

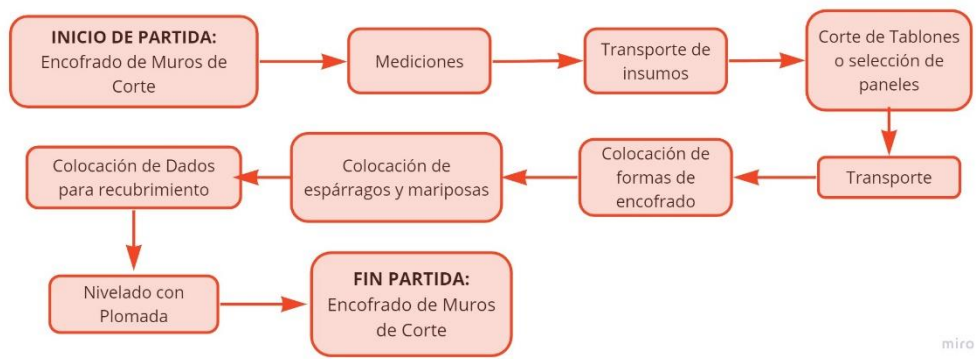
#### 4.2.2. Partida Encofrado de Muros de Corte

##### 4.2.2.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

###### Distribución de actividades:

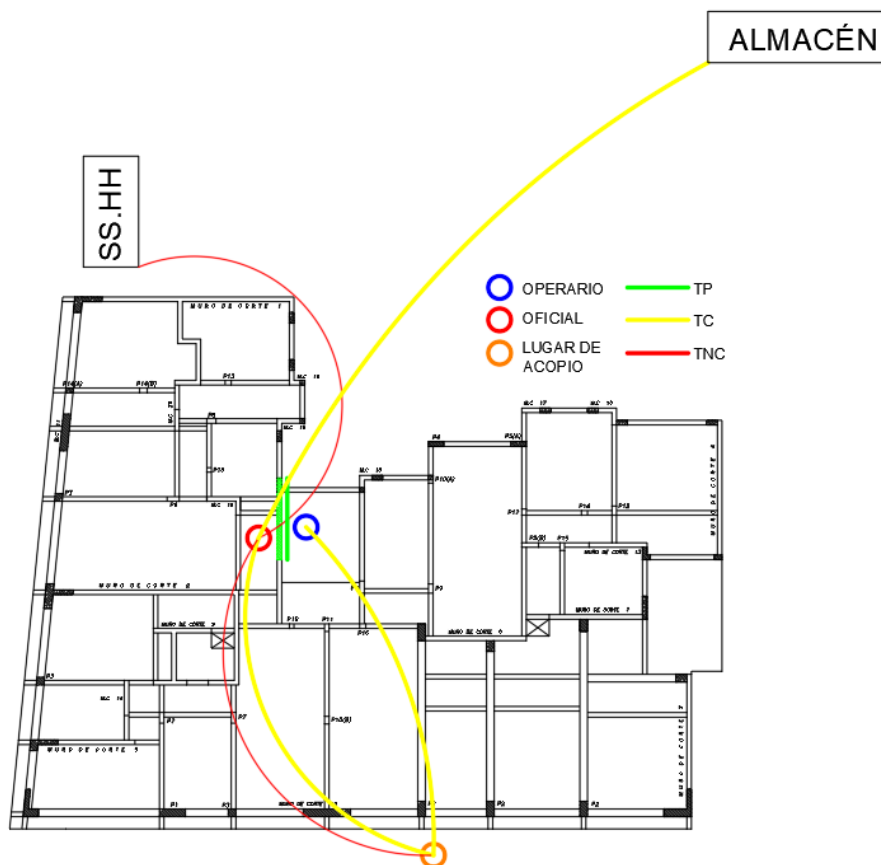
Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N° 10 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de materiales e insumos, las mediciones realizadas y también la selección y/o corte de la materia o insumo a emplear para el encofrado.



**Figura 10: Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Muros de Corte**

Fuente: *Elaboración propia*



**Figura 11: Diagrama spaghetti de la partida de Encofrado de Muros de Corte**

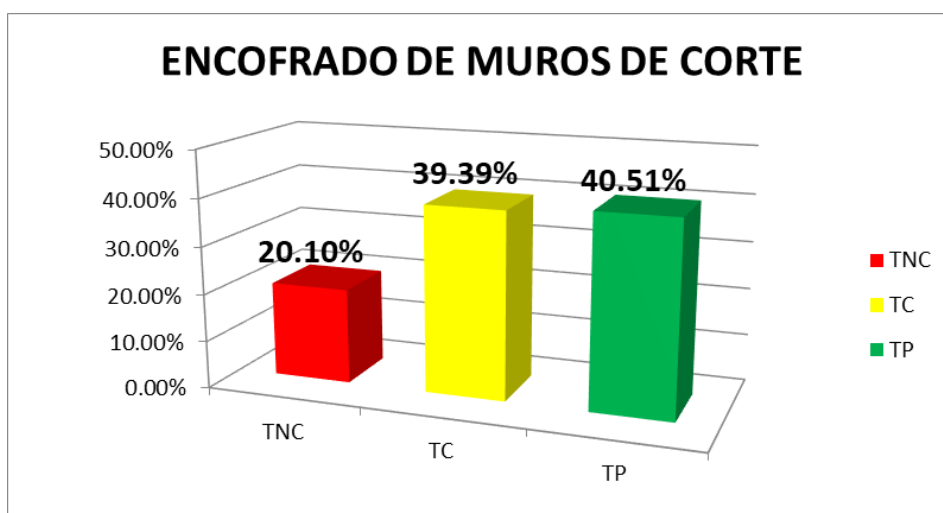
Fuente: *Elaboración propia*

Personal de obra y distribución:

En la partida de Encofrado de muros de Corte encontramos que la cuadrilla está formada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales se encargan de hacer en la estructura que se encofrará la toma de medidas apoyados también con el plano correspondiente, para luego realizar el corte o selección y transporte del material a utilizar, para así finalizar con el encofrado.

Resultados y gráficos:

Siguiendo con lo que respecta a los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 40.51%, en el Trabajo Contributorio un total de 39.39% y el Trabajo No Contributorio 20.10%; en la figura N se muestran dichos valores.



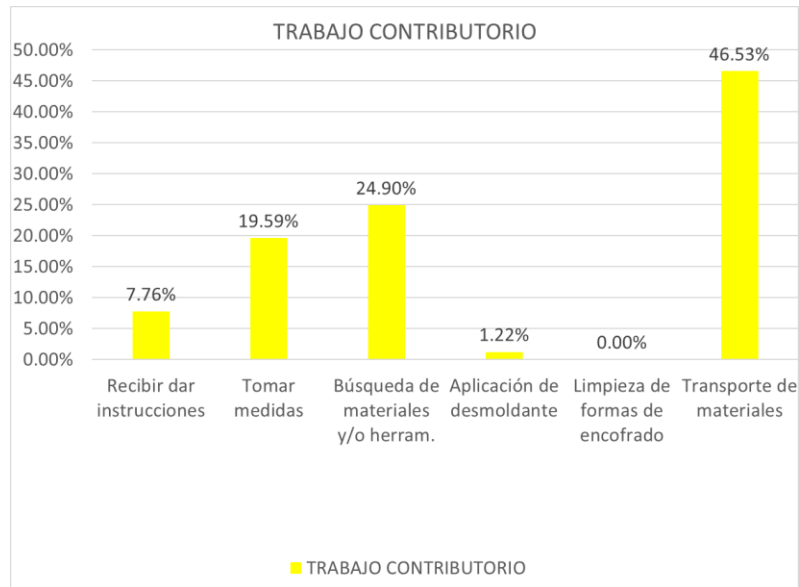
**Figura 12: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 13: Trabajo Productivo en la Partida de Encofrado Muros de Corte**

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio obteniendo un 46.53% para el transporte de materiales, 24.90% para búsqueda de materiales y o herramientas, 19.59% para tomar medidas, siendo éstas las de mayor relevancia para la toma de decisiones a la hora de buscar mejoras.



**Figura 14: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 15: Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado Muros de Corte**

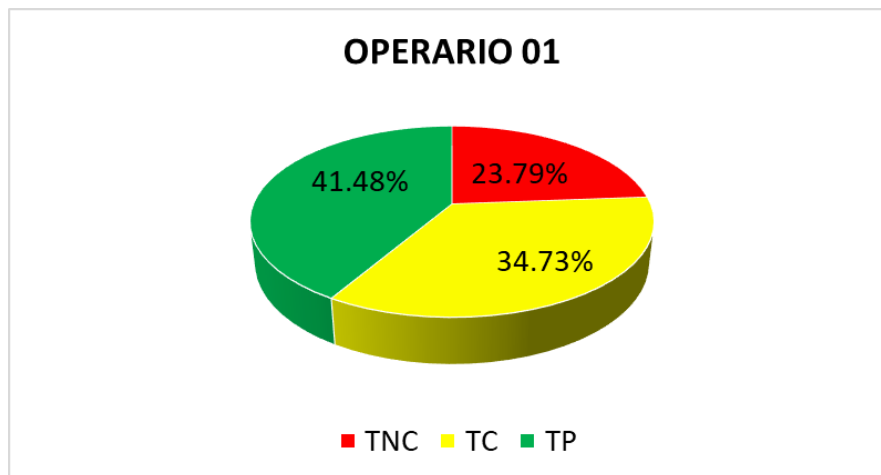
**Fuente:** *Elaboración propia*

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 20.10% en las actividades realizadas, del cual el 64.80% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.2.2.2. Evaluación de resultados

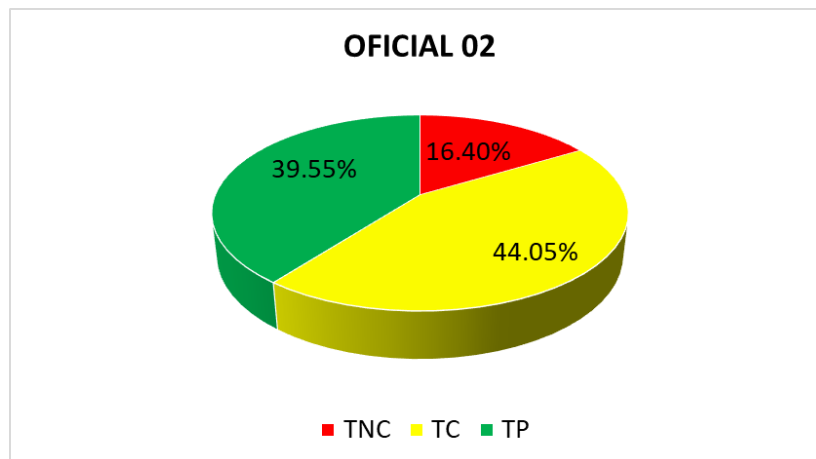
La partida Encofrado de Muros de Corte arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



**Figura 16: Ocupación del tiempo del Operario 01**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 17: Ocupación del tiempo del Oficial 02**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Observando las figuras de los resultados obtenidos del desglose de la cuadrilla vemos como hay un predominio del porcentaje de Trabajos Contributorios por parte del Oficial 02 el cual visto en campo era el que tenía más responsabilidad sobre la tarea de traslado y búsqueda de materiales mientras que el Operario 01 posee un alto porcentaje de Trabajo No Contributorio debido a la demora en los TC generados por su compañero.

#### 4.2.2.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 40.51% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°12, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento optimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver como se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.

A medida que se iban aumentando los niveles los porcentajes de trabajo Contributorio y No Contributorio crecían debido a que la demora en traslado de material de nivel en nivel era más complicada debido a esto se plantearon algunas medidas:

- Se reasigno un lugar más adecuado para el acopio y colocación de materiales con planchas metálicas y la madera correspondiente, también se coordinó con el encargado del almacén para que pudiera hacer registro de salidas de mariposas para que los trabajadores no tuviesen que devolverlas semanalmente si no tenerlas en su lugar de trabajo para así no tener que desplazarse constantemente al almacén a recoger dichas mariposas y espárragos, teniendo como resultado que el oficial ocupe mucho menor tiempo de Trabajo Contributorio con respecto al que ocupaban inicialmente y como consecuencia directa el Operario 1 no tendría tantas esperas y así el porcentaje de Trabajo Productivo incrementaría.

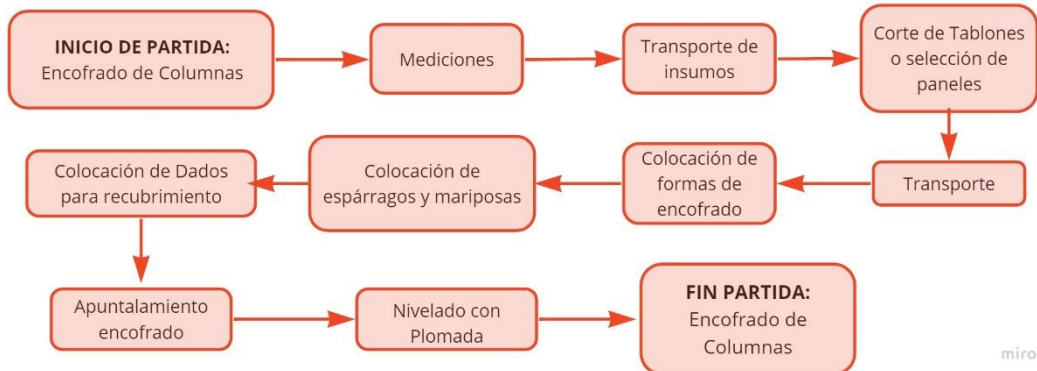
### 4.2.3. Partida Encofrado de Columnas

#### 4.2.3.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

Distribución de actividades:

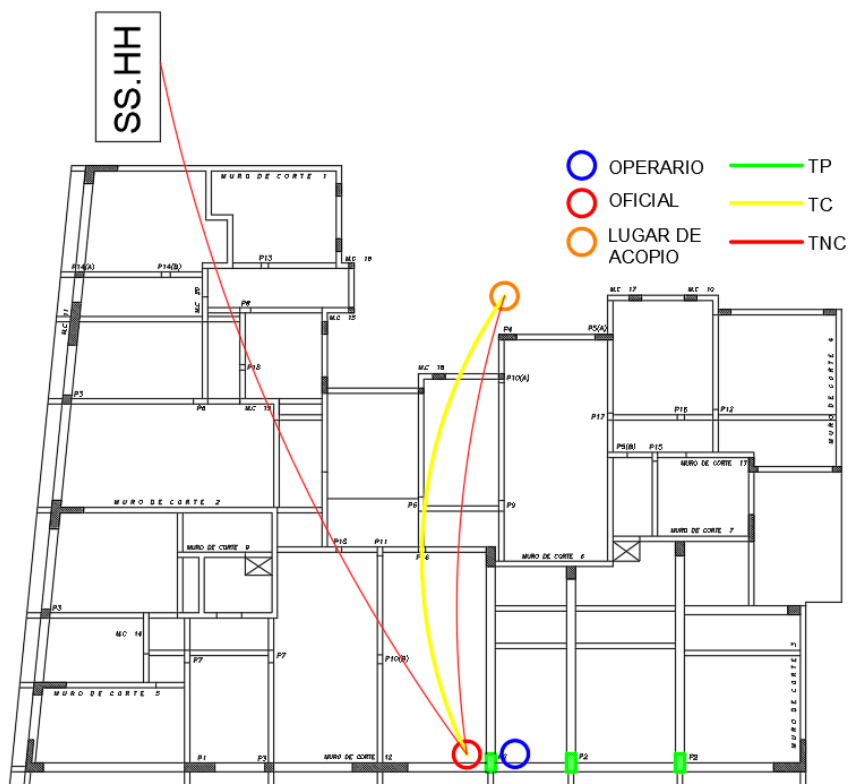
Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°18 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de materiales e insumos, las mediciones realizadas y también la selección y/o corte de la materia o insumo a emplear para el encofrado.



**Figura 18: Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Columnas.**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 19: Diagrama Spaghetti de la partida de Encofrado de Columnas**

*Fuente: Elaboración propia*

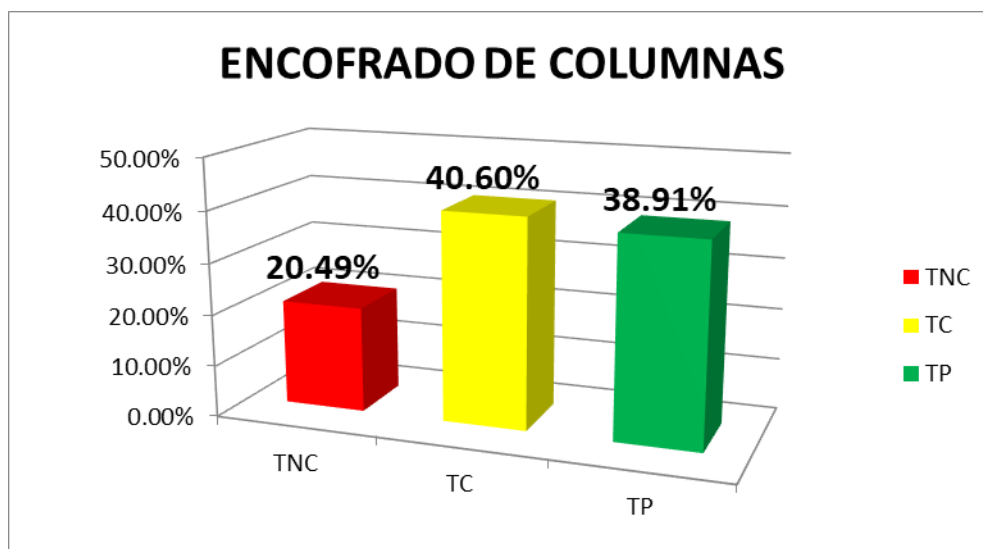
Personal de obra y distribución:

En la partida de Encofrado de Columnas encontramos que la cuadrilla está formada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales se encargan de hacer en la estructura que se encofrará la toma de medidas apoyados también con el plano correspondiente, para luego realizar el corte o selección y transporte del material a utilizar, para así finalizar con el encofrado.

Resultados y gráficos:

Siguiendo con lo que respecta a los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total

de 38.91%, en el Trabajo Contributorio un total de 40.60% y el Trabajo No Contributorio 20.40%; en la figura N se muestran dichos valores.



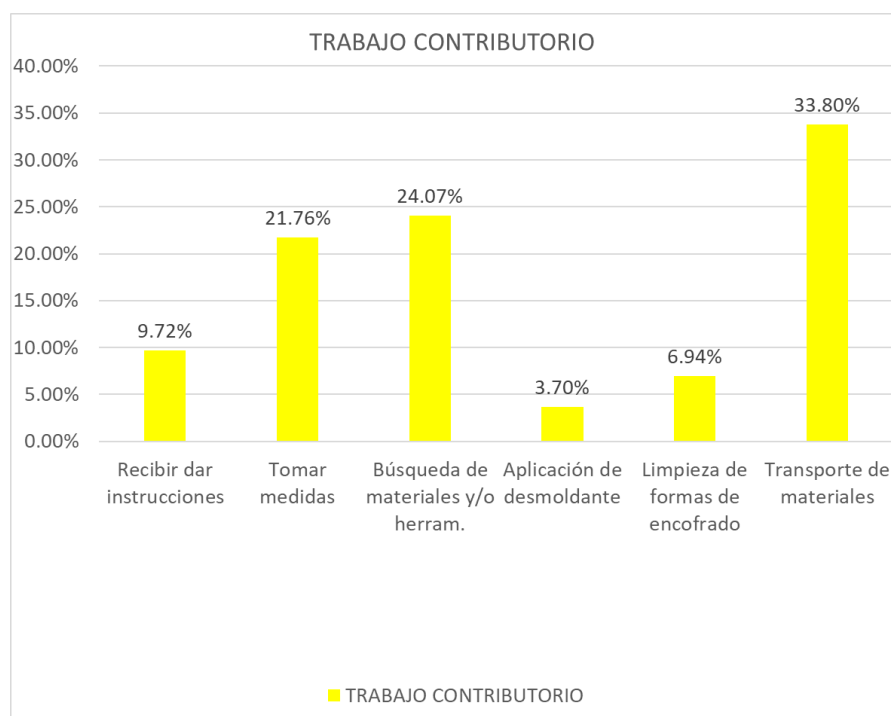
**Figura 20: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Encofrado de columnas**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 21: Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Columnas**

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio obteniendo un 33.80% para el transporte de materiales, 24.07% para búsqueda de materiales y o herramientas, 21.76% para tomar medidas, siendo éstas las de mayor relevancia para la toma de decisiones a la hora de buscar mejoras.



**Figura 22: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Columnas**



**Figura 23: Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado d Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

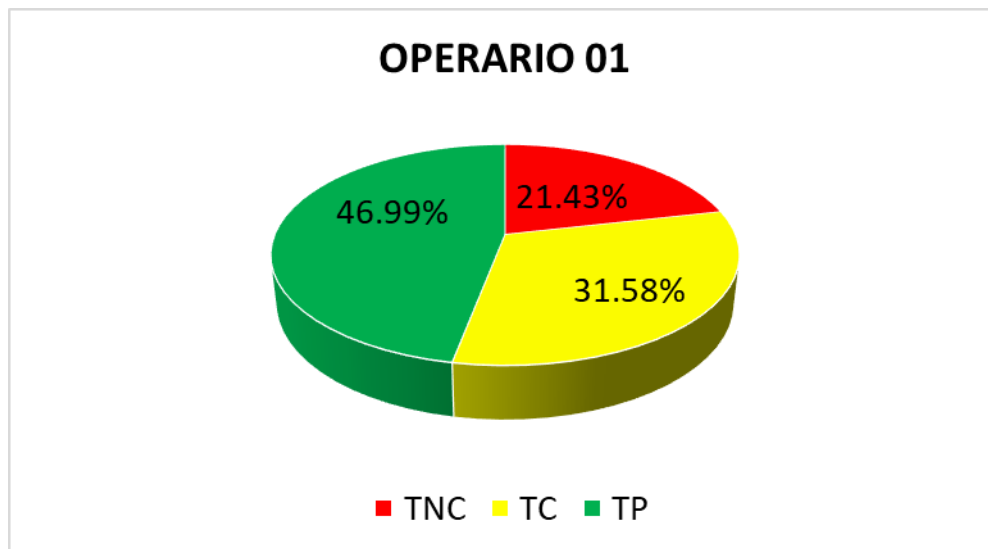
También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 20.49% del total de las actividades realizadas, del cual el 41.28% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.2.3.2. Evaluación de resultados

La partida Encofrado de Columnas arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

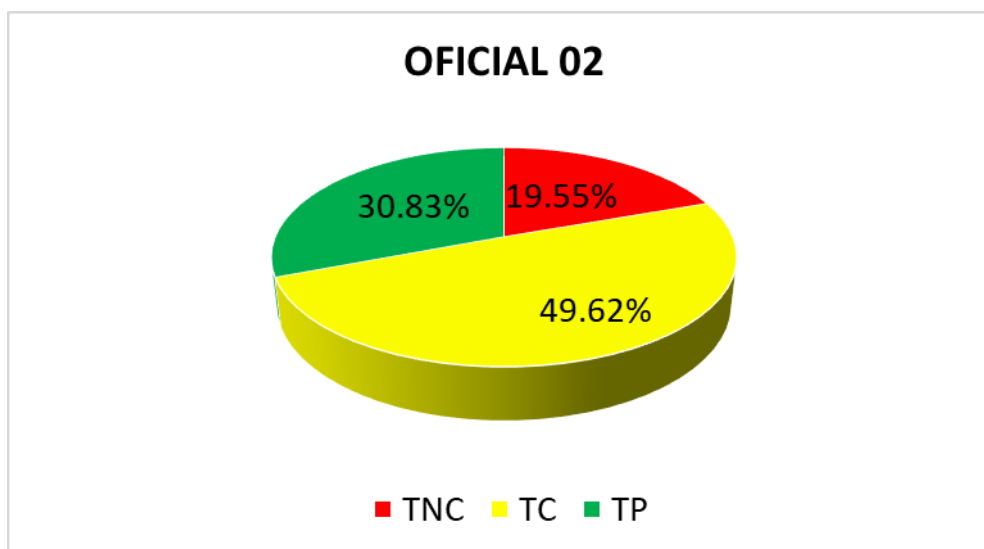
Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra

y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



**Figura 24: Ocupación del tiempo del Operario 01 en la Partida Encofrado de Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 25: Ocupación del tiempo del Oficial 02 en la Partida Encofrado de Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Observando las figuras de los resultados obtenidos del desglose de la cuadrilla vemos como hay un predominio del porcentaje de Trabajos Contributorios por

parte del Oficial 02 el cual visto en campo era el que tenía más responsabilidad sobre la tarea de traslado y búsqueda de materiales mientras que el Operario 01 posee un alto porcentaje de Trabajo No Contributorio debido a la demora en los TC generados por su compañero.

#### 4.2.3.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 40.51% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°20, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento optimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver como se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.

A medida que se iban aumentando los niveles los porcentajes de trabajo Contributorio y No Contributorio crecían debido a que la demora en traslado de material de nivel en nivel era más complicada debido a esto se plantearon algunas medidas:

- Se reasigno un lugar más adecuado para el acopio y colocación de materiales con planchas metálicas y la madera correspondiente, se vio necesario adquirir material para la elaboración de encofrados metálicos y así sea más fácil la selección de material y no perdiendo tiempos cortando madera ni desencofrando debido a que es más limpio el trabajo y deja un mejor acabado, también se coordinó con el encargado del almacén para que pudiera hacer registro de salidas de mariposas para que los trabajadores no tuviesen que devolverlas semanalmente si no tenerlas en su lugar de trabajo para así no tener que desplazarse constantemente al almacén a recoger dichas mariposas y espárragos, teniendo como resultado que el oficial ocupe mucho menor tiempo de Trabajo Contributorio con respecto al que ocupaban inicialmente y como consecuencia directa el Operario 1 no tendría tantas esperas y así el porcentaje de Trabajo Productivo incrementaría.

#### 4.2.4. Partida Encofrado de Vigas

##### 4.2.4.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

Distribución de actividades:

Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°26 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de materiales e insumos, las mediciones realizadas y también la selección y/o corte de la materia o insumo a emplear para el encofrado.

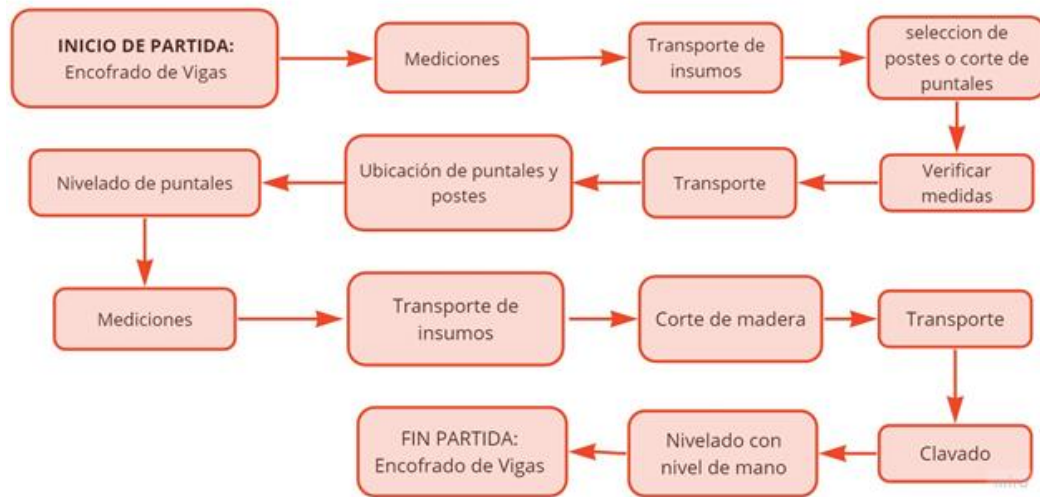


Figura 26: Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Vigas.

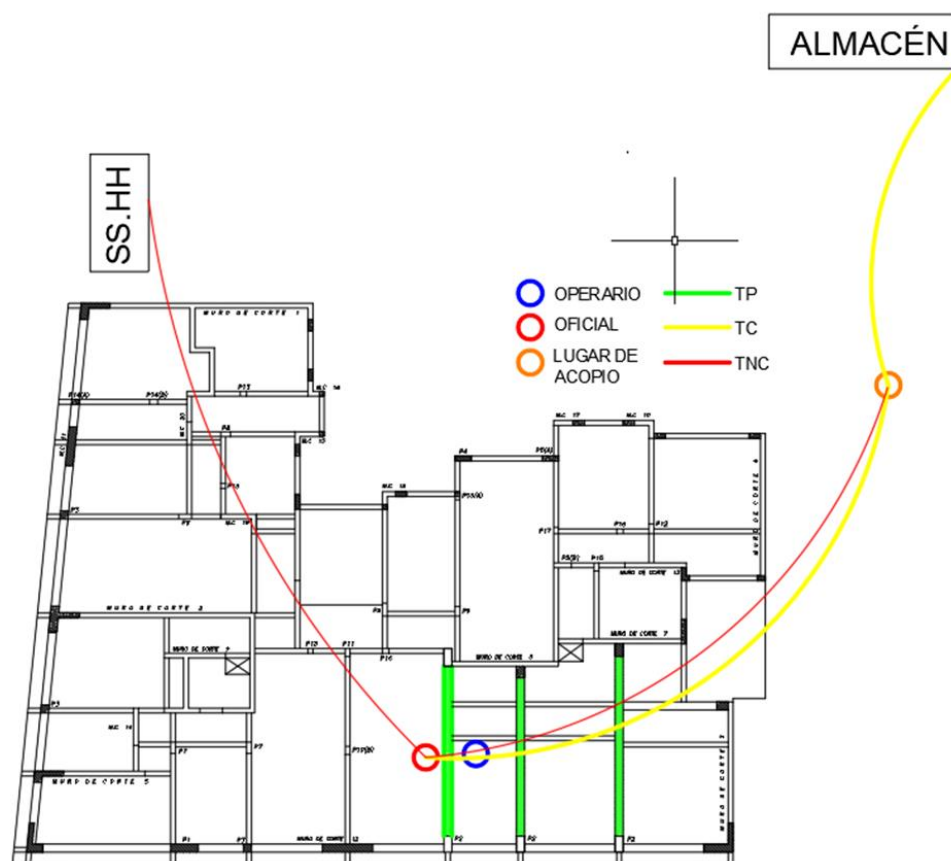


Figura 27: Diagrama de Spaguetti de la partida de Encofrado de Vigas.

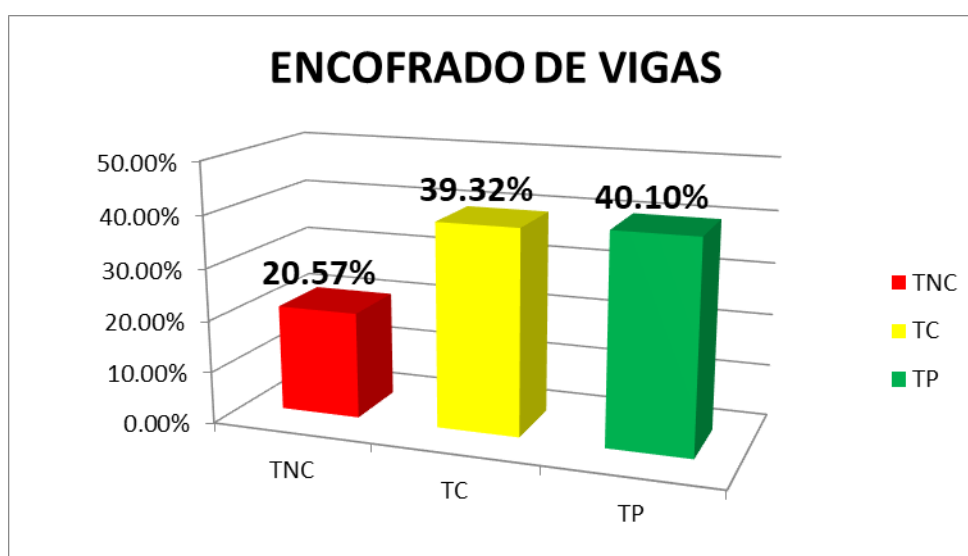
Fuente: Elaboración propia

### Personal de obra y distribución:

En la partida de Encofrado de Vigas encontramos que la cuadrilla está formada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales se encargan de hacer en la estructura que se encofrará la toma de medidas apoyados también con el plano correspondiente, para luego realizar el corte o selección y transporte del material a utilizar, en esta partida se usaban postes metálicos y pies derechos donde se apoyaban las formas de encofrado; para así finalizar con el nivelado y encofrado.

### Resultados y gráficos:

Siguiendo con el tema de los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 40.10%, en el Trabajo Contributorio un total de 39.32% y el Trabajo No Contributorio 20.57%; en la figura N se muestran dichos valores.



**Figura 28: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de**

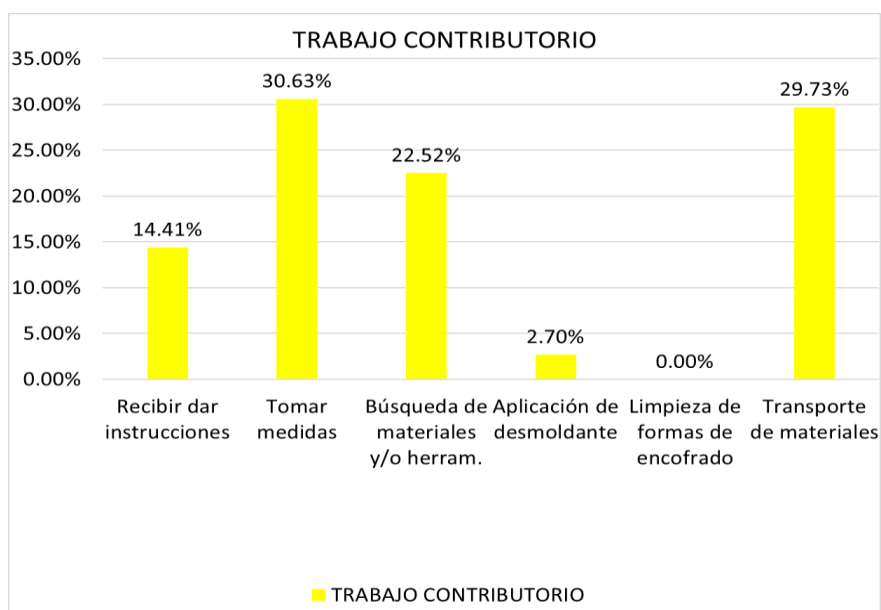
**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 29: Trabajo Productivo en la Partida de Encofrado de Vigas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio obteniendo un 29.73% para el transporte de materiales, 22.52% para búsqueda de materiales y o herramientas, 30.63% para tomar medidas, siendo éstas las de mayor relevancia para la toma de decisiones a la hora de buscar mejoras.



**Figura 30: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Vigas**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 31: Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Vigas**

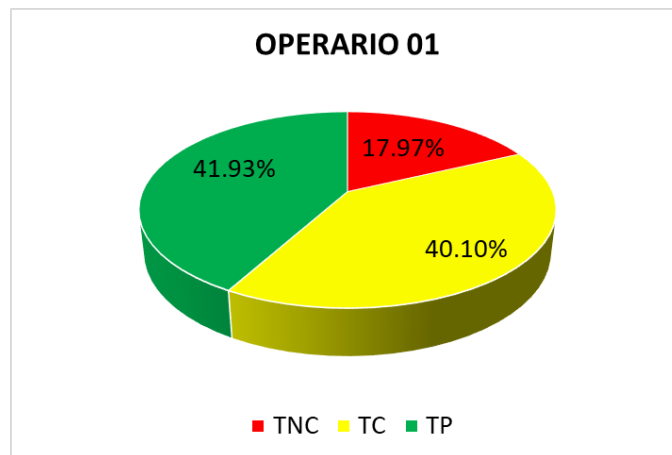
**Fuente:** *Elaboración propia*

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 20.57% del total de las actividades realizadas, del cual el 36.73% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.2.4.2. Evaluación de resultados

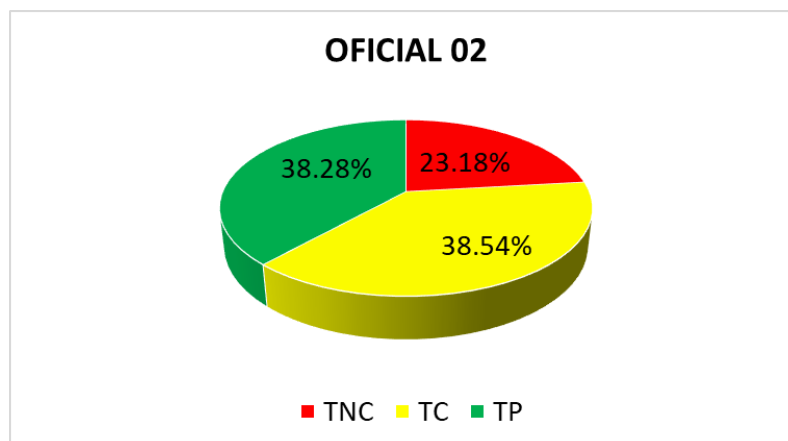
La partida Encofrado de Vigas arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



**Figura 32: Ocupación del tiempo del Operario 1 en la partida de Encofrado de Vigas**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 33: Ocupación del tiempo del Oficial 2 en la partida de Encofrado de Vigas**

Observando las figuras de los resultados obtenidos del desglose de la cuadrilla vemos como hay un predominio del porcentaje de Trabajos Contributorios por parte del Oficial 02 el cual visto en campo era el que tenía más responsabilidad sobre la tarea de traslado y búsqueda de materiales y también posee un alto porcentaje de Trabajo No Contributorio.

#### 4.2.4.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 40.10% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°28, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento optimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver como se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.

A medida que se iban aumentando los niveles los porcentajes de trabajo Contributorio y No Contributorio crecían debido a que la demora en traslado de material de nivel en nivel era más complicada debido a esto se plantearon algunas medidas:

- Se reasigno un lugar más adecuado para el acopio y colocación de materiales como la madera correspondiente, se dio charlas con los trabajadores sobre la importancia de la limpieza y orden de su material debido a que no respetaban las áreas de acopio de material y dejaban sus

tablones y postes por distintas zonas impidiendo el paso para todos los trabajadores, teniendo como resultado que se ocupe mucho menor tiempo de Trabajo Contributorio con respecto al que ocupaban inicialmente y como consecuencia directa ya no se tendrían tantas esperas y así el porcentaje de Trabajo Productivo incrementaría.

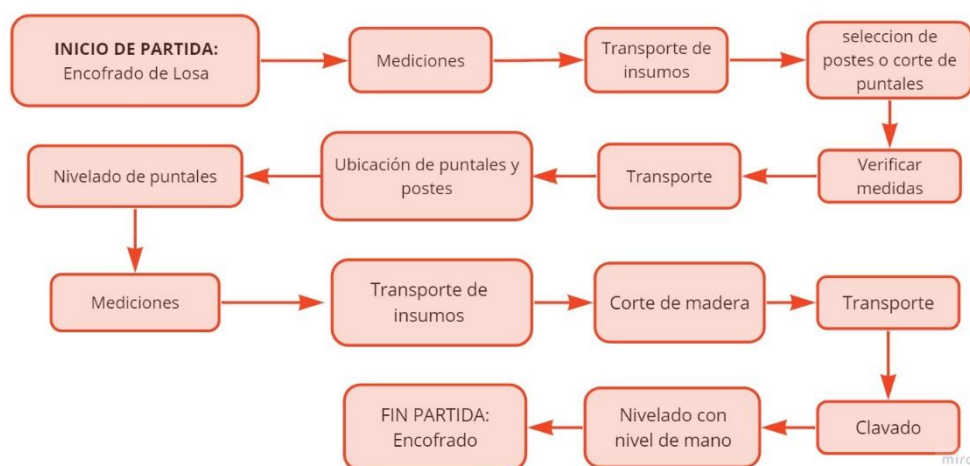
#### 4.2.5. Partida Encofrado de Losa

##### 4.2.5.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

Distribución de actividades:

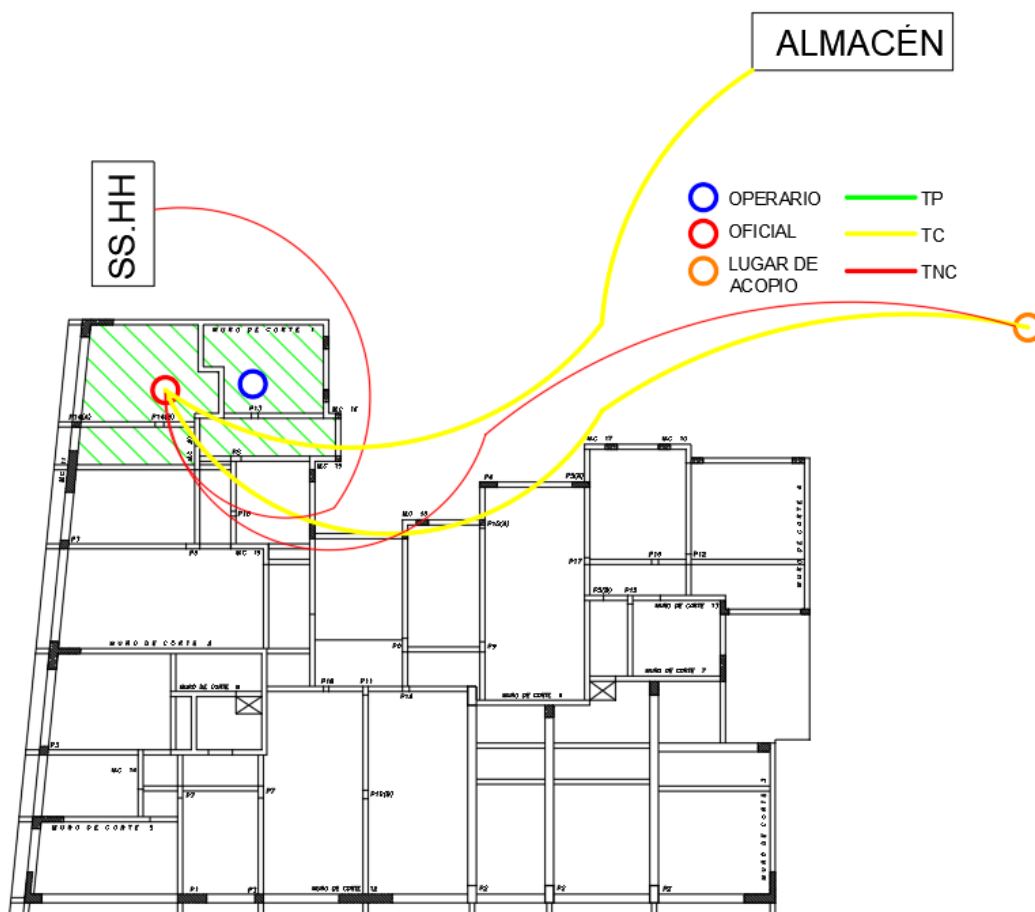
Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°34 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de materiales e insumos, las mediciones realizadas y también la selección y/o corte de la materia o insumo a emplear para el encofrado.



**Figura 34: Diagrama de Flujo de la partida de Encofrado de Losa.**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 35: Diagrama de Spaghetti de la partida de Encofrado de Losa.**

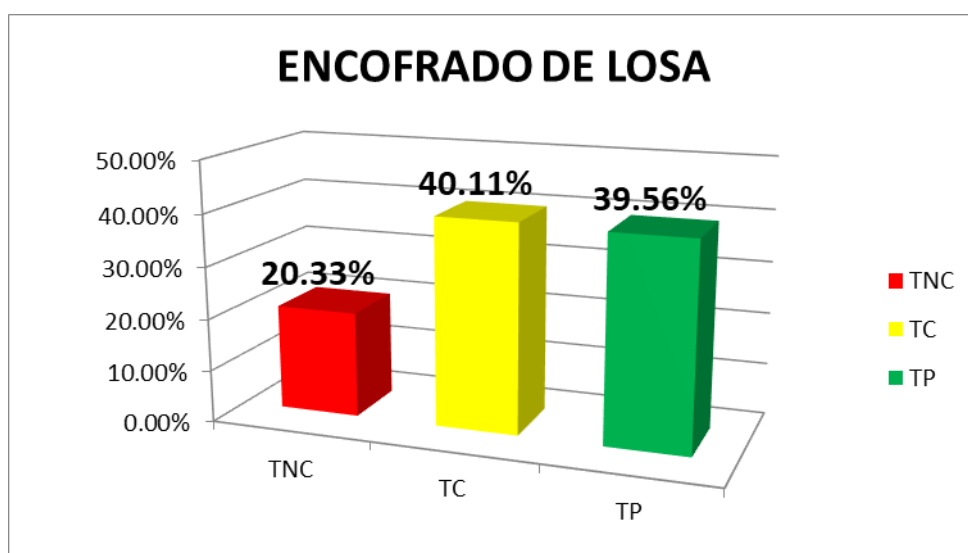
**Fuente:** *Elaboración propia*

Personal de obra y distribución:

En la partida de Encofrado de Losa encontramos que la cuadrilla está formada por 2 Operario y 2 Oficial, los cuales se encargan de hacer en la estructura que se encofrará la toma de medidas apoyados también con el plano correspondiente, para luego realizar el corte o selección y transporte del material a utilizar, en esta partida se usaban postes metálicos y pies derechos donde se apoyaban las formas de encofrado; para así finalizar con el nivelado y encofrado.

Resultados y gráficos:

Siguiendo con el tema de los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 39.56%, en el Trabajo Contributorio un total de 40.11% y el Trabajo No Contributorio 20.33%; en la figura N° se muestran dichos valores.



**Figura 36: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de**

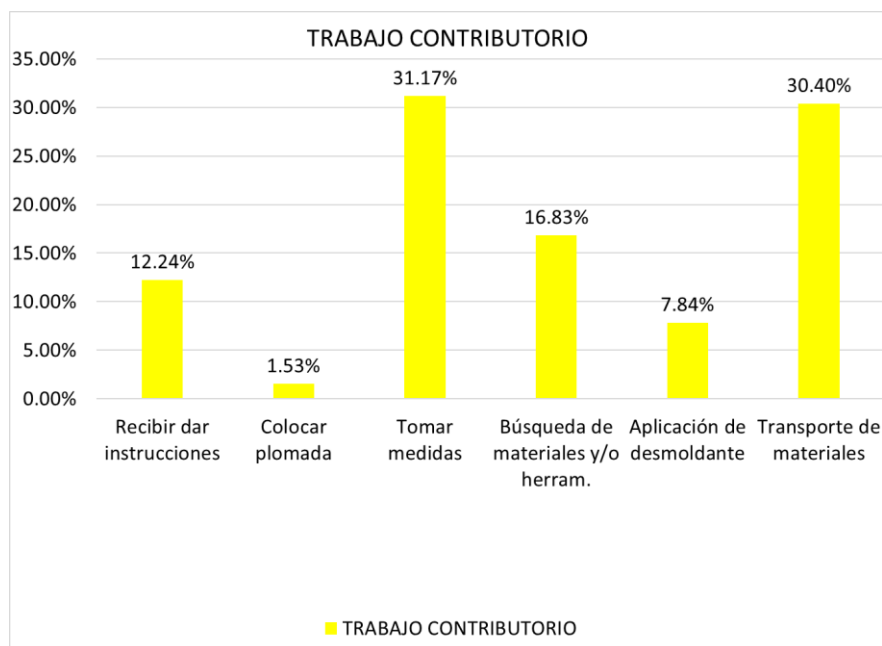
**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 37: Trabajo Productivo en la partida de Encofrado de Losa.**

**Fuente:** *Elaboración pro*

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio obteniendo un 30.40% para el transporte de materiales, 16.83% para búsqueda de materiales y o herramientas, 31.17% para tomar medidas, siendo éstas las de mayor relevancia para la toma de decisiones a la hora de buscar mejoras.



**Figura 38: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Losa**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 39: Trabajo Contributorio en la partida de Encofrado de Losa**

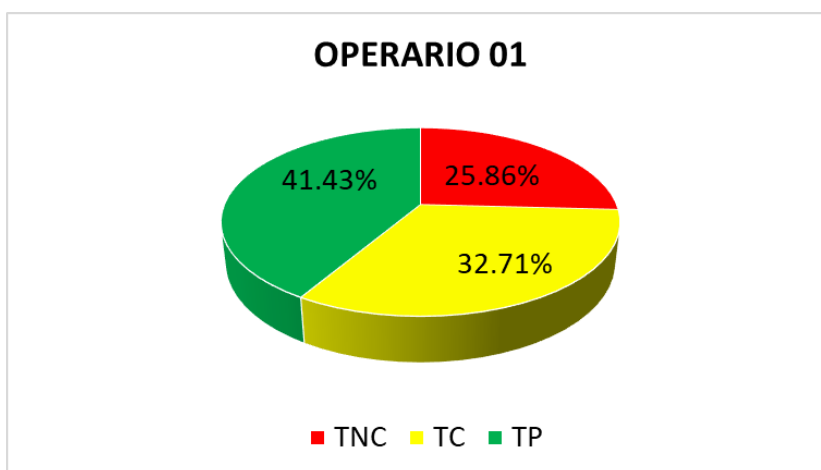
*Fuente: Elaboración propia*

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 20.33% del total de las actividades realizadas, del cual el 59.77% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.2.5.2. Evaluación de resultados

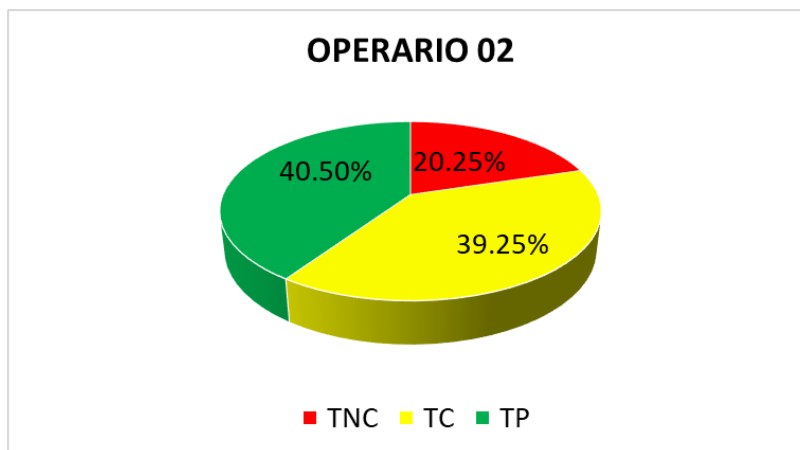
La partida Encofrado de Losa arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



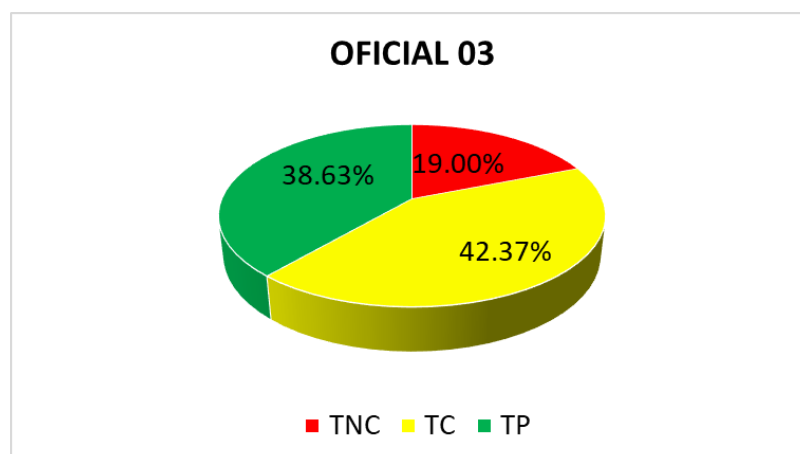
**Figura 40: Ocupación del tiempo del Operario 01**

**Fuente:** *Elaboración propia*



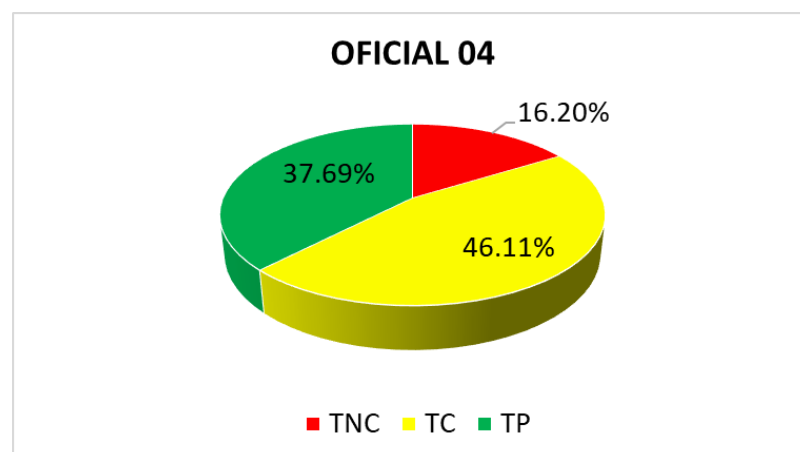
**Figura 41: Ocupación del tiempo del Operario 02**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 42: Ocupación del tiempo del Oficial 03**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 43: Ocupación del tiempo del Oficial 04**

*Fuente: Elaboración propia*

Observando las figuras de los resultados obtenidos del desglose de la cuadrilla vemos como hay un predominio del porcentaje de Trabajos Contributorios por parte de los Oficiales los cuales visto en campo eran los que tenía más responsabilidad sobre la tarea de traslado y búsqueda de materiales.

#### 4.2.5.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 39.56% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°36, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo, mitigando en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios y la disminución de los Trabajos Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento optimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver como se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.

A medida que se iban aumentando los niveles los porcentajes de trabajo Contributorio y No Contributorio crecían debido a que la demora en traslado de material de nivel en nivel era más complicada debido a esto se plantearon algunas medidas:

- Se reasigno un lugar más adecuado para el acopio y colocación de materiales como la madera correspondiente, se dio charlas con los trabajadores sobre la importancia de la limpieza y orden de su material debido a que no respetaban las áreas de acopio de material y dejaban sus tablones y postes por distintas zonas impidiendo el paso para todos los trabajadores, teniendo como resultado que se ocupe mucho menor tiempo de Trabajo Contributorio con respecto al que ocupaban inicialmente y como consecuencia directa ya no se tendrían tantas esperas y así el porcentaje de Trabajo Productivo incrementaría.
- En esta partida el encofrado se hacia por medio de la colocación de tablones de madera debido a que las losas eran aligerada y en la zona de los baños de los departamentos de losa maciza, pero se encontró que cuando se hacia la colocación de ladrillo de techo este era cortado en el lugar donde se iba a poner generando que el desperdicio caiga en el nivel inferior generando un exceso de desmonte el cual se tendría luego que recoger para su desecho por ello se propuso la idea de utilizar para todo la losa paneles de madera que abarcaban un mayor área de encofrado y era de mayor facilidad para los trabajadores manejar para que no se genere un exceso de desperdicio y también hacer el corte del ladrillo antes de subirlo al nivel de colocación evitando generar tanto desmonte y tener zonas limpias de trabajo.

#### 4.3. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean de las Partidas seleccionadas de Concreto en obra

##### 4.3.1. Empleo de la metodología

Como primera medida se busca realizar una adecuada identificación y reconocimiento de las distintas actividades realizados los cuales están divididas en 3 la cuales son actividades o tareas productivas, contributorias y por ultimo las no contributorias.

Continuando con la metodología que se empleará en las partidas seleccionadas de Concreto se procede a clasificar las tareas que pertenecen al Trabajo Productivo, estas son las que repercuten al resultado final de una manera directa quedando así fijas.

Las tareas productivas más relevantes de las partidas de concreto fueron el vaciado de concreto, el regleado y/o uso de plancha y el vibrado.

Las tareas encontradas en los Trabajos Contributorios fueron el acarreo de materiales, transporte del concreto, operar la mezcladora, limpieza de herramientas, etc.

Para finalizar vimos las tareas encontradas en los Trabajos No Contributorios como los trabajos rehechos, los tiempos de ocio, idas al baño y las esperas.

Teniendo en claro las actividades a medir se colocaron en la siguiente tabla:

PARTIDA	TP	TC	TNC
Concreto	Vaciado de concreto	Juntar concreto	Trabajo Rehecho
		Acarreo de material	Tiempo de ocio
	Vibrado	Operar la mezcladora	Ir al SS.HH
		Abastecer Mezcladora	Viajes improductivos
	Acomodar concreto con pala	Transporte de Concreto	Esperas
	Reglear/uso de plancha	Limpieza de herramientas	

**Tabla 6: Clasificación de los tipos de trabajo**

**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 4.3.2. Partida de Concreto Columnas

##### 4.3.2.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

Distribución de actividades:

Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°44 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de material y de concreto, el mezclado del mismo, continuando con el vaciado de concreto y para finalizar el vibrado.

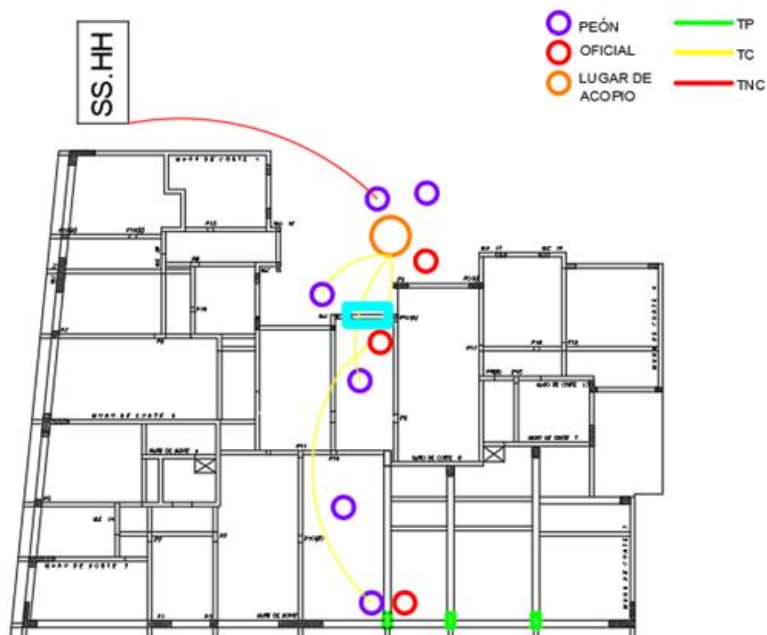


**Figura 44: Diagrama de Flujo de la partida Concreto Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Personal de obra y distribución:

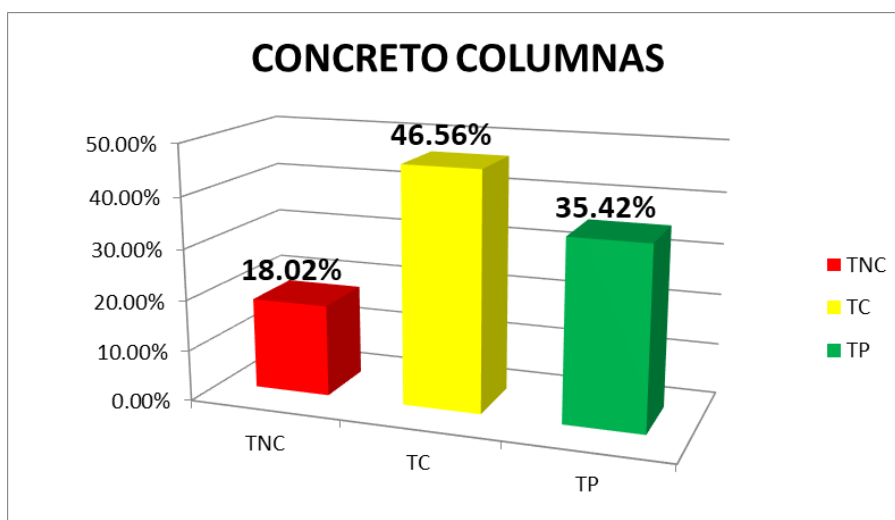
En el vaciado de Columnas encontramos que la cuadrilla estaba formada por 3 Oficiales y 8 Peones, en esta partida 2 peones eran encargados de abastecer la mezcladora con la arena ya piedra, de los 3 oficiales uno era encargado de operar el winche, otro operar la mezcladora y el ultimo del vibrado, mientras que los otros 4 peones restantes del transporte y vaciado del concreto.



**Figura 45: Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Columnas.**

Resultados y gráficos:

Siguiendo con el tema de los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 32.08%, en el Trabajo Contributorio un total de 46.56% y el Trabajo No Contributorio 21.35%; en la figura N°45 se muestran dichos valores.



**Figura 46: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de**

*Fuente: Elaboración propia*

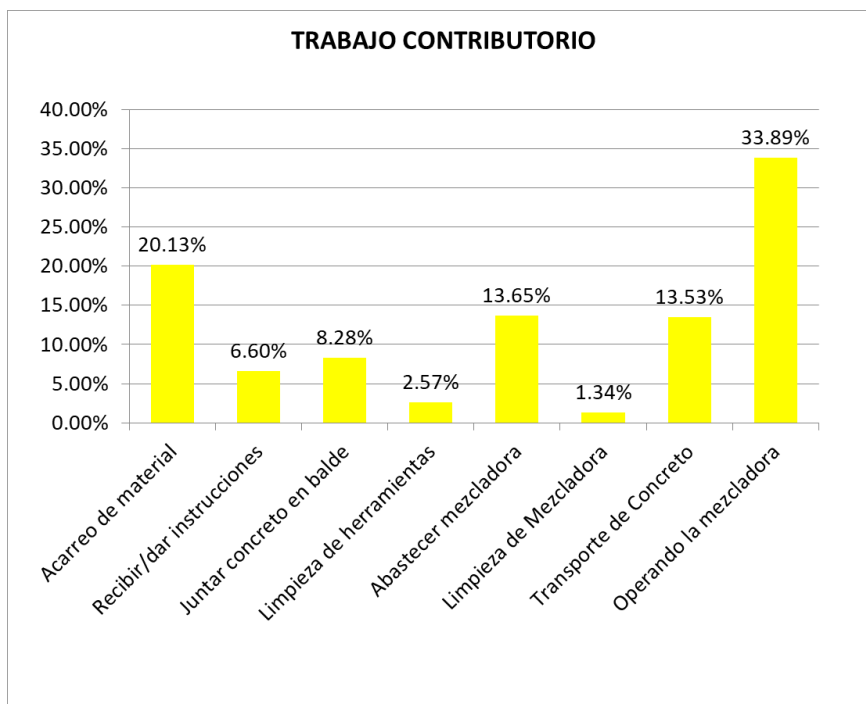


**Figura 47: Trabajo Productivo en la partida Concreto Columnas**

*Fuente: Elaboración propia*

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio el cual es representado por

un 46.56% del total, haciendo un desglose de cada tarea presentes en esta pudimos encontrar lo siguiente:



**Figura 48: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Columnas**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 49: Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Columnas**

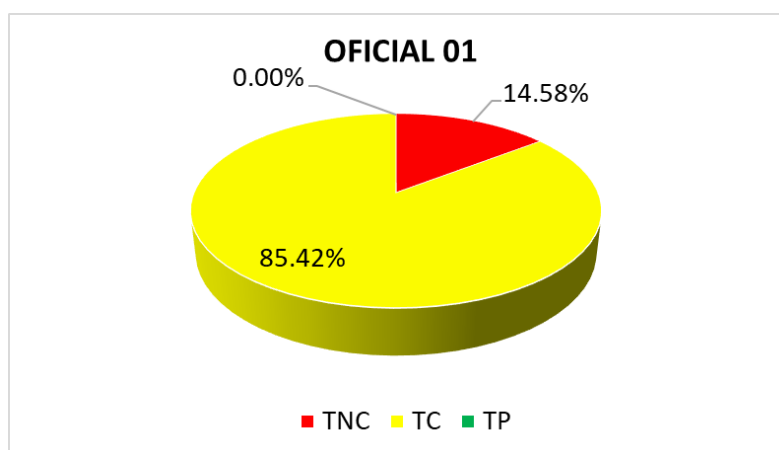
*Fuente: Elaboración propia*

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 21.35% del total de las actividades realizadas, del cual el 95.37% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.3.2.2. Evaluación de resultados

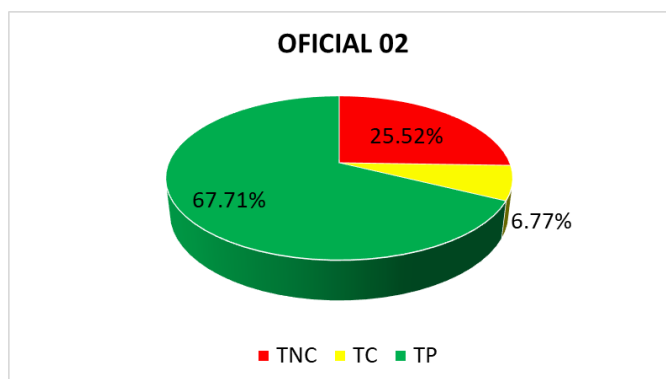
La partida de vaciado de concreto en columnas arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



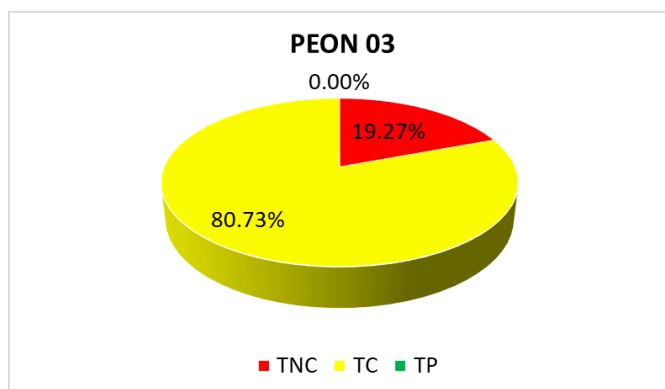
**Figura 50: Ocupación del tiempo del Oficial 1 en la Partida de Concreto**

**Fuente:** *Elaboración propia*



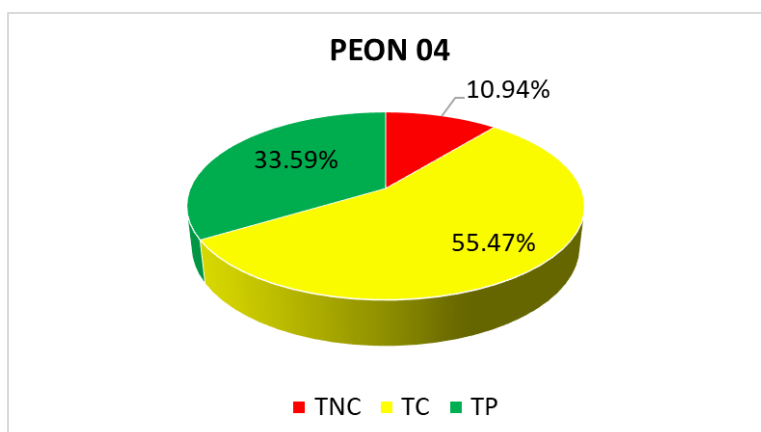
**Figura 51: Ocupación del tiempo del Oficial 2 en la Partida de Concreto Columnas**

*Fuente: Elaboración propia*



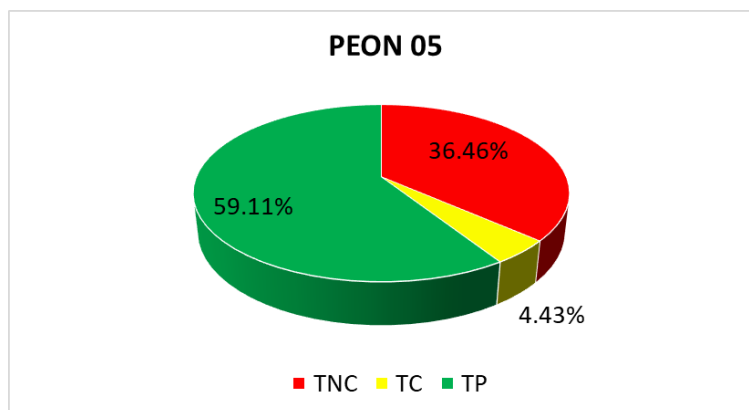
**Figura 52: Ocupación del tiempo del Peón 3 en la partida de Concreto Columnas**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 53: Ocupación del tiempo del Peón 4 en la partida de Concreto Columnas**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 54: Ocupación del tiempo del Peón 5 en la partida de Concreto Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 4.3.2.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 32.08% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°46, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento óptimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así

saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver como se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.

- Además, se pudo ver que la ubicación de la mezcladora no era la óptima debido a que generaba que un peón tuviese que recibir el concreto y trasladarlo hasta el winche haciendo que los tiempos Contributorios aumenten por lo que se decidió abastecer directo de la mezcladora al winche colocándola justo debajo de esta siempre con las medidas de seguridad correspondientes y así se pudo disminuir la cuadrilla, de igual forma un al momento de llevar el concreto hasta el lugar de vaciado ocurrían esperas para los bugueros debido que era ineficiente tener 3 por tanto se disminuyó a 2. Otro de los factores por los que existían demoras en el vaciado era debido a que si bien la consistencia del concreto era plástica esta estaba al límite siendo muy poco trabajable en columnas con secciones muy reducidas por lo que se decidió trabajar con un aditivo plastificante para que la trabajabilidad del concreto aumente y así sea más eficiente el vaciado.

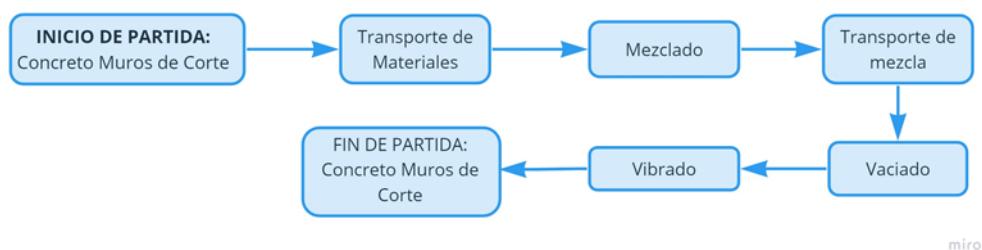
#### 4.3.3. Partida de Concreto en Muros de Corte

##### 4.3.3.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

Distribución de actividades:

Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°55 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de material y de concreto, el mezclado del mismo, continuando con el vaciado de concreto y para finalizar el vibrado.

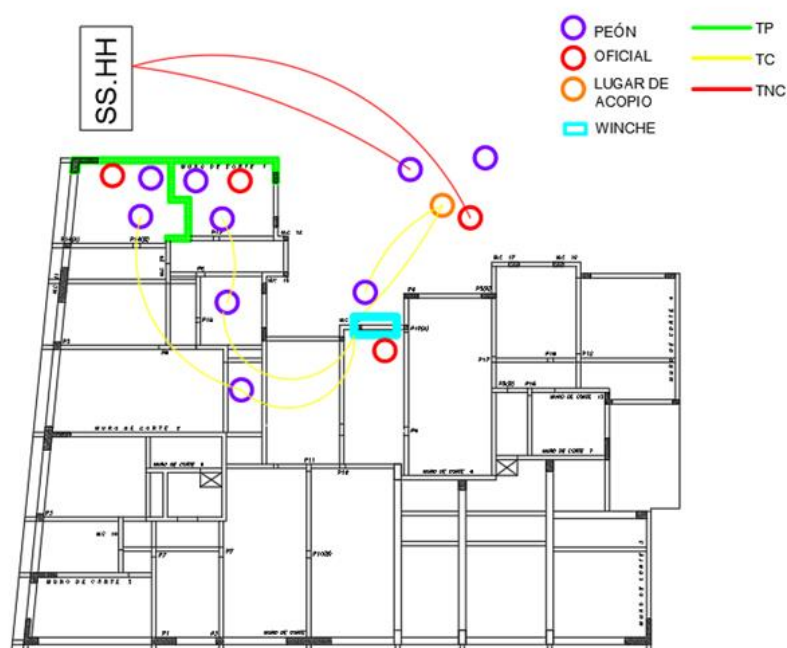


**Figura 55: Diagrama de Flujo de la partida Concreto Muros de Corte.**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Personal de obra y distribución:

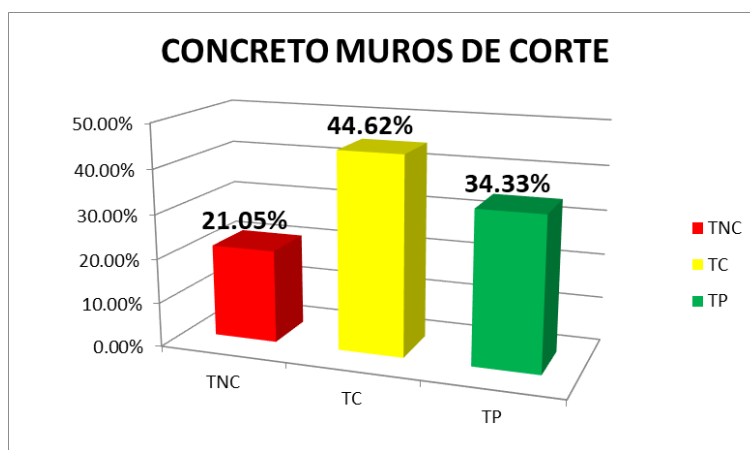
En el vaciado de Columnas encontramos que la cuadrilla estaba formada por 4 Oficiales y 10 Peones, en esta partida 2 peones eran encargados de abastecer la mezcladora con la arena ya piedra, de los cuatro oficiales uno era encargado de operar el winche, otro de operar la mezcladora y los dos últimos del vibrado, mientras que los otros 8 peones restantes del transporte y vaciado del concreto.



**Figura 56: Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Muros de corte.**

Resultados y gráficos:

Siguiendo con el tema de los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 34.33%, en el Trabajo Contributorio un total de 44.62% y el Trabajo No Contributorio 21.05%; en la figura N° se muestran dichos valores.



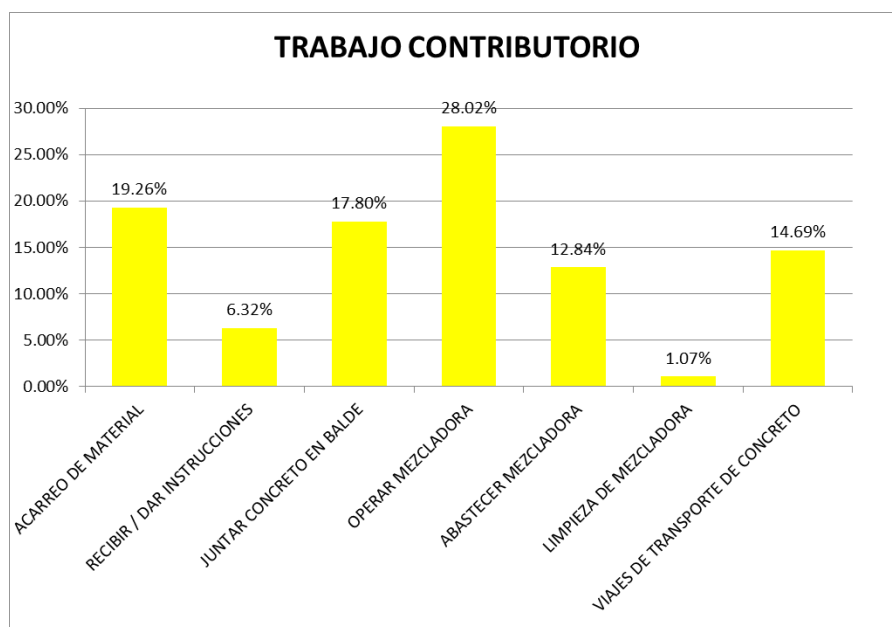
**Figura 57: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de**



**Figura 58: Trabajo Productivo en la partida Concreto Muros de corte**

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio el cual es representado por

un 44.62% del total, haciendo un desglose de cada tarea presentes en esta pudimos encontrar lo siguiente:



**Figura 59: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Muros de corte**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 60: Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Muros de corte**

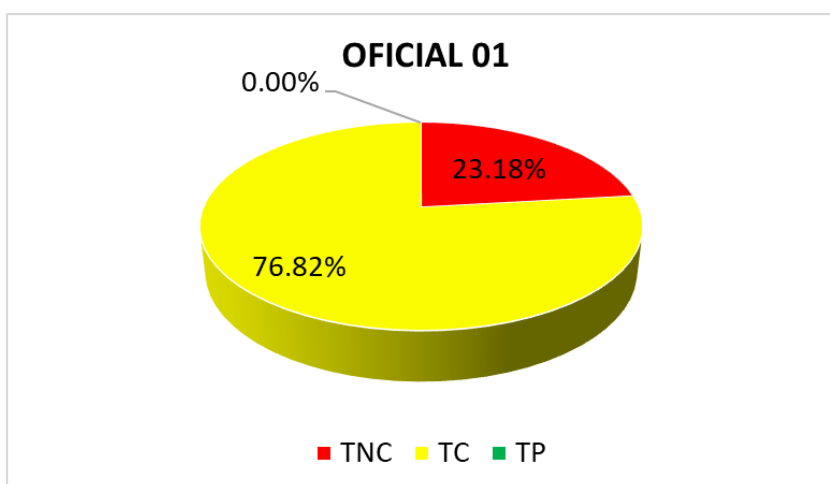
*Fuente: Elaboración propia*

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 21.05% del total de las actividades realizadas, del cual el 96% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.3.3.2. Evaluación de resultados

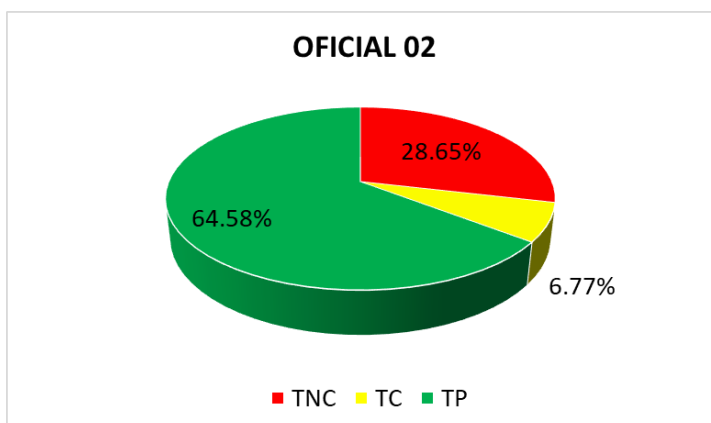
La partida de vaciado de concreto de Muros de Corte arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



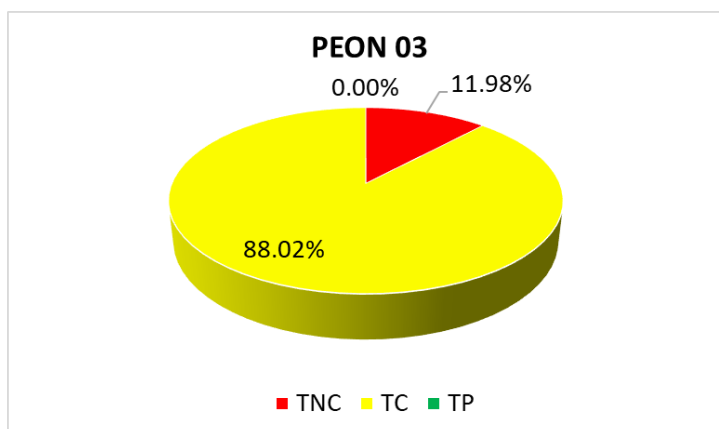
**Figura 61: Ocupación del tiempo del Oficial 1 en la Partida de Concreto**

**Fuente:** *Elaboración propia*



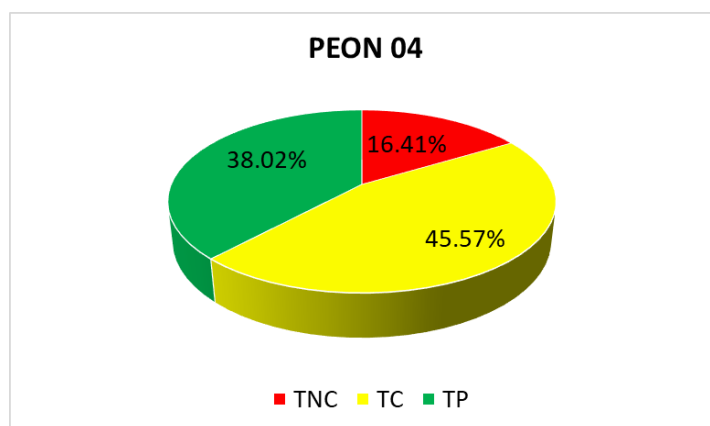
**Figura 62: Ocupación del tiempo del Oficial 2 en la Partida de Concreto Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*



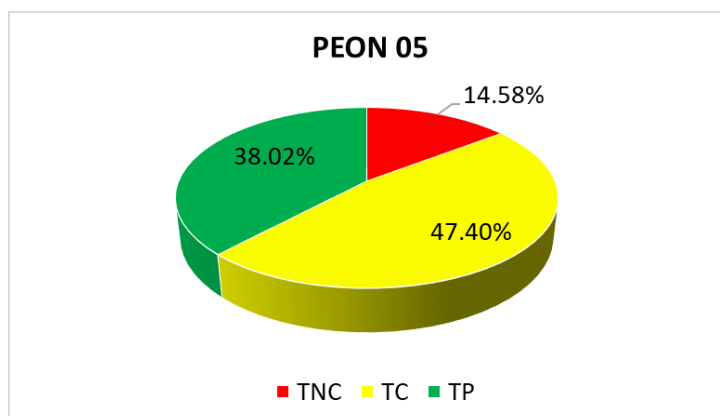
**Figura 63: Ocupación del tiempo del Peón 3 en la partida de Concreto Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*



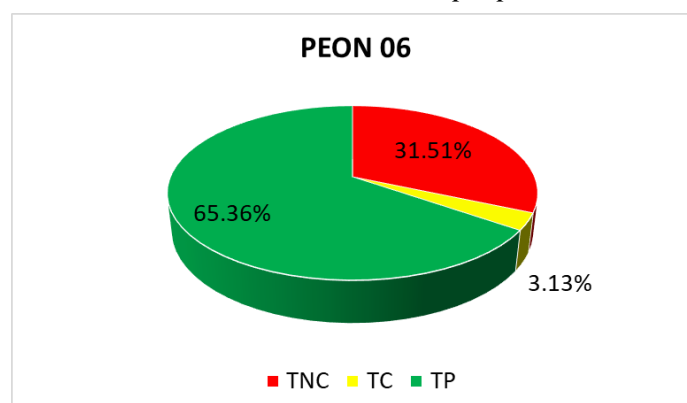
**Figura 64: Ocupación del tiempo del Peón 4 en la partida de Concreto Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 65: Ocupación del tiempo del Peón 5 en la partida de Concreto Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 66: Ocupación del tiempo del Peón 6 en la partida de Concreto Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.3.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 34.33% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°57, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento optimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver como se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.
- Además, se pudo ver que la ubicación de la mezcladora no era la óptima debido a que generaba que un peón tuviese que recibir el concreto y trasladarlo hasta el winche haciendo que los tiempos Contributorios aumenten por lo que se decidió abastecer directo de la mezcladora al winche colocándola justo debajo de esta siempre con las medidas de seguridad correspondientes y así se pudo disminuir la cuadrilla, de igual forma un al momento de llevar el concreto hasta el lugar de vaciado ocurrían esperas para los bugueros debido que era ineficiente tener 3 por tanto se disminuyó a 2.

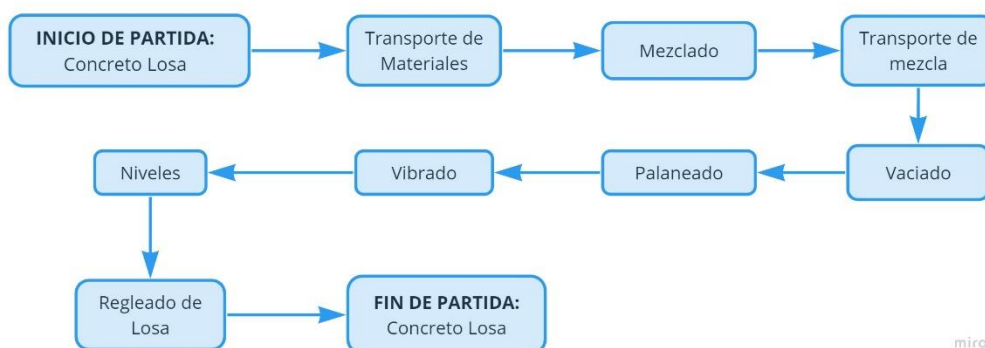
#### 4.3.4. Partida de Concreto Losa

##### 4.3.4.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

Distribución de actividades:

Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°67 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de material y de concreto, el mezclado del mismo, continuando con el vaciado de concreto y para finalizar el vibrado.



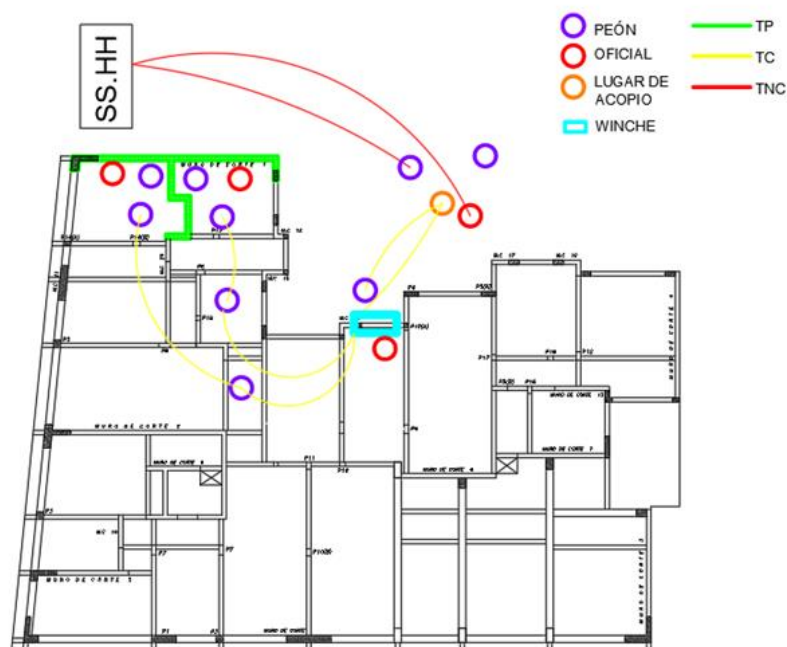
**Figura 67: Diagrama de Flujo de la partida Concreto Losa.**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Personal de obra y distribución:

En el vaciado de Losa encontramos que la cuadrilla estaba formada por 7 Operarios 4 Oficiales y 10 Peones, en esta partida 4 peones eran encargados de abastecer las mezcladoras con la arena y la piedra, 2 de colocar el cemento, 1 en el capacho del winche recibiendo el concreto y 3 encargados de llevar los buggies con concreto; de los cuatro oficiales uno era encargado de operar el winche, otros 2 de operar las dos mezcladora y el último del vibrado y

finalmente los operarios los cuales se encargaban de acomodar el concreto midiendo el nivel y luego reglear el concreto para hacer un semipulido de la losa.

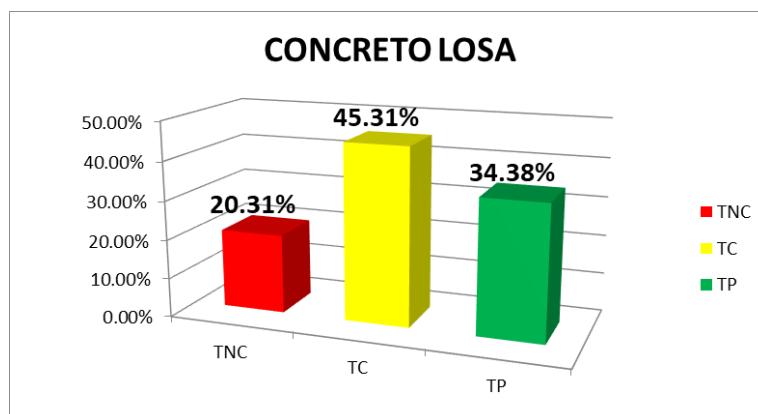


**Figura 68: Diagrama de spaghetti de la partida de Concreto Losa.**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Resultados y gráficos:

Siguiendo con el tema de los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 34.38%, en el Trabajo Contributorio un total de 45.31% y el Trabajo No Contributorio 20.31%; en la figura N° se muestran dichos valores.



**Figura 69: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Concreto Losa**

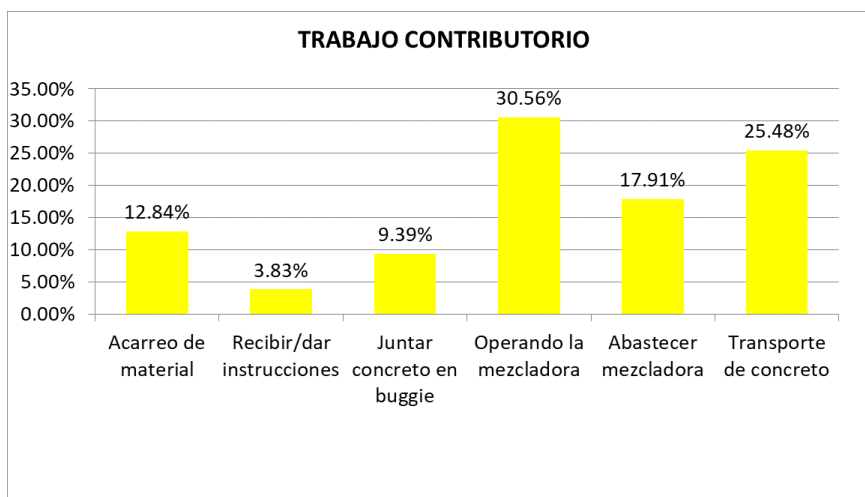
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 70: Trabajo Productivo en la partida Concreto Losa**

*Fuente: Elaboración propia*

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio el cual es representado por un 44.62% del total, haciendo un desglose de cada tarea presentes en esta pudimos encontrar lo siguiente:



**Figura 71: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Losa**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 72: Trabajo Contributorio en la partida de Concreto Losa**

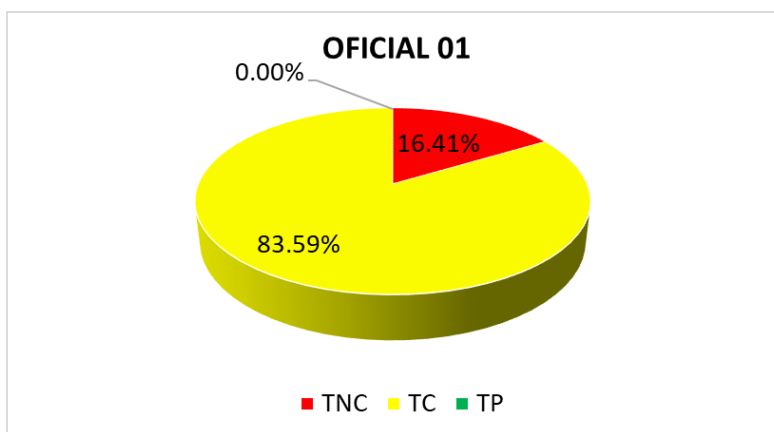
*Fuente: Elaboración propia*

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 20.31% del total de las actividades realizadas, del cual el 97% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.3.4.2. Evaluación de resultados

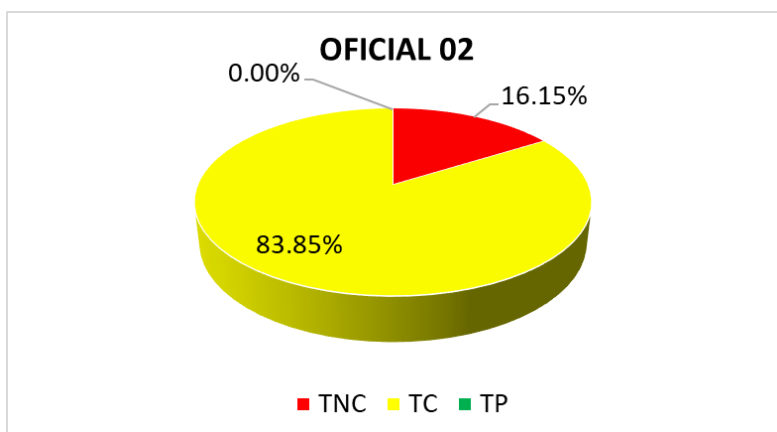
La partida de vaciado de Losa arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



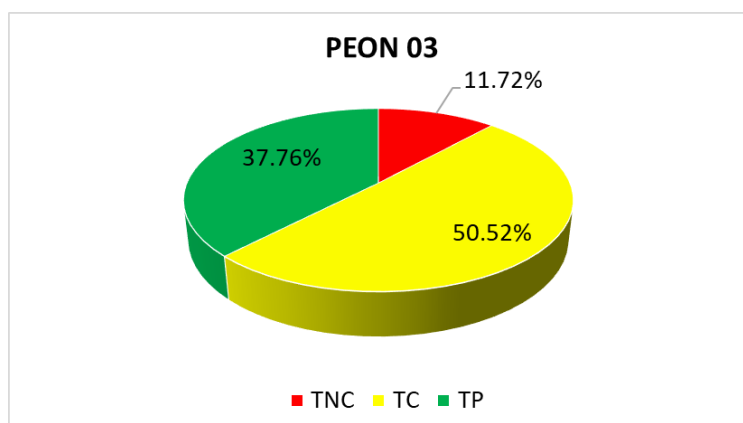
**Figura 73: Ocupación del tiempo del Oficial 01 en la Partida de Concreto**

**Fuente:** *Elaboración propia*



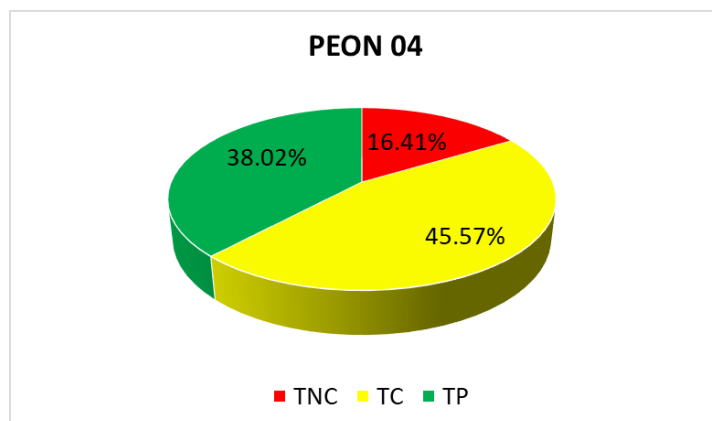
**Figura 74: Ocupación del tiempo del Oficial 02 en la Partida de Concreto Losa**

*Fuente: Elaboración propia*



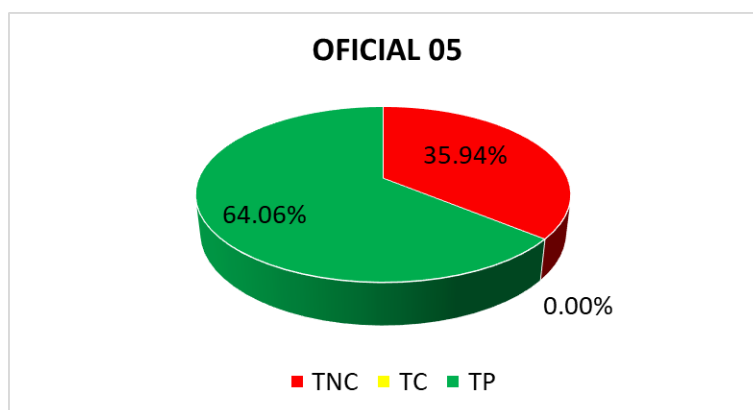
**Figura 75: Ocupación del tiempo del Peón 3 en la partida de Concreto Losa**

*Fuente: Elaboración propia*



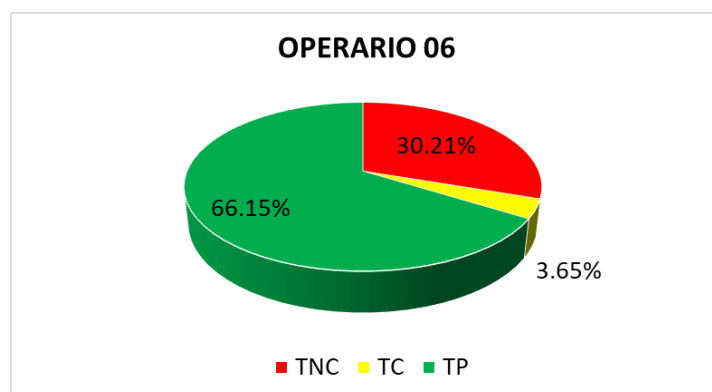
**Figura 76: Ocupación del tiempo del Peón 04 en la partida de Concreto Losa**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 77: Ocupación del tiempo del Peón 5 en la partida de Concreto Losa**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 78: Ocupación del tiempo del Peón 6 en la partida de Concreto Losa**

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.4.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 34.38% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°69, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento optimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver cómo se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.
- Además, se pudo ver que la ubicación de la mezcladora no era la óptima debido a que generaba que un peón tuviese que recibir el concreto y trasladarlo hasta el winche haciendo que los tiempos Contributorios aumenten por lo que se decidió abastecer directo de la mezcladora al winche colocándola justo debajo de esta siempre con las medidas de seguridad correspondientes y así se pudo disminuir la cuadrilla, de igual forma un al momento de llevar el concreto hasta el lugar de vaciado ocurrían esperas para los bugueros debido que era ineficiente tener 3 por tanto se disminuyó a 2.
- Pudimos observar que en el análisis de la cuadrilla uno de los operarios tenía un elevado porcentaje de trabajo no Contributorio y en base a su rendimiento se optó reorganizar la misma teniendo así un operario menos.

#### 4.4. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean de las Partidas seleccionadas de Acero en obra

##### 4.4.1. Empleo de la metodología

Como primera medida se busca realizar una adecuada identificación y reconocimiento de las distintas actividades realizados los cuales están divididas en 3 la cuales son actividades o tareas productivas, contributorias y por ultimo las no contributorias.

Continuando con la metodología que se empleará en las partidas seleccionadas de Acero se procede a clasificar las tareas que pertenecen al Trabajo Productivo, estas son las que repercuten al resultado final de una manera directa quedando así fijas.

Las tareas productivas más relevantes de las partidas de acero fueron la habilitación del acero, atortolar estribos, colocación de estructuras terminadas.

Las tareas encontradas en los Trabajos Contributorios fueron el corte doblado de acero, acarreo de materiales, tomar medidas, marcado con tiza, etc.

Para finalizar vimos las tareas encontradas en los Trabajos No Contributorios como los trabajos rehechos, los tiempos de ocio, idas al baño y las esperas.

Teniendo en claro las actividades a medir se colocaron en la siguiente tabla:

PARTIDA	TP	TC	TNC
<b>Acero</b>	Habilitación de acero	marcado con tiza	Trabajo Rehecho
		Realizar mediciones	Tiempo de ocio
	Colocación de estructura de acero	Transporte de acero	Ir al SS.HH
		Indicaciones/ver planos	Viajes improductivos
	Atortolar	Montaje y desmontaje de andamios	Esperas
		Corte doblado y/o acarreo de material	

**Tabla 7: Clasificación de los tipos de trabajo**

**Fuente:** *Elaboración propia*

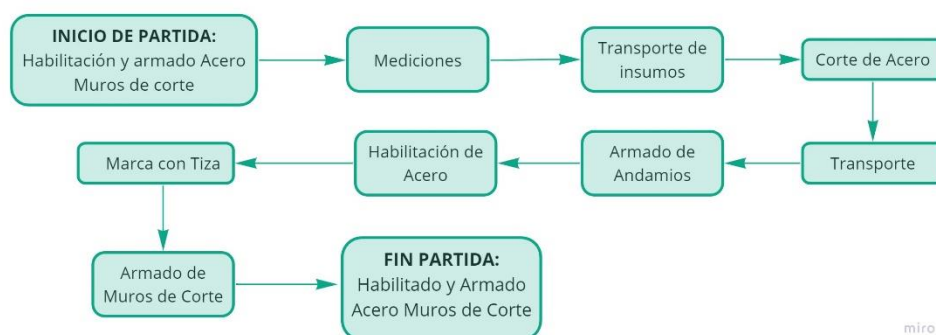
#### 4.4.2. Partida de Habilitación de Acero Muros de Corte

##### 4.4.2.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

Distribución de actividades:

Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°79 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de material, el corte doblado de acero, montaje de andamio, marcado con tiza con las mediciones respectivas y el armado de columna.

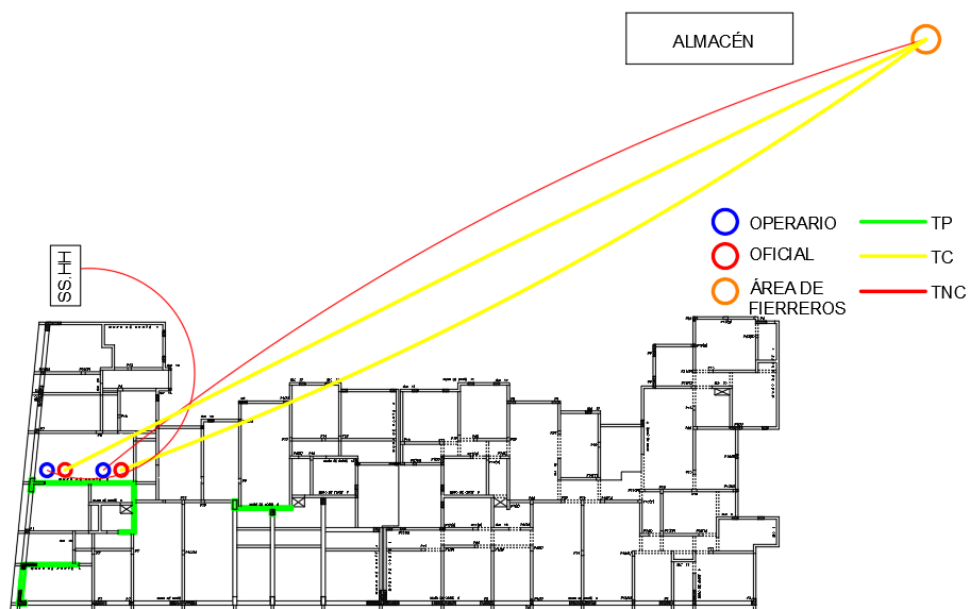


**Figura 79: Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Personal de obra y distribución:

En la partida de Habilitación Muros de corte encontramos que la cuadrilla está formada por 2 Operarios y 2 Oficiales, los cuales se encargan de hacer la toma de medidas apoyados también con el plano correspondiente, para luego realizar el corte o selección y transporte del material a utilizar, para así finalizar con el armado del muro.

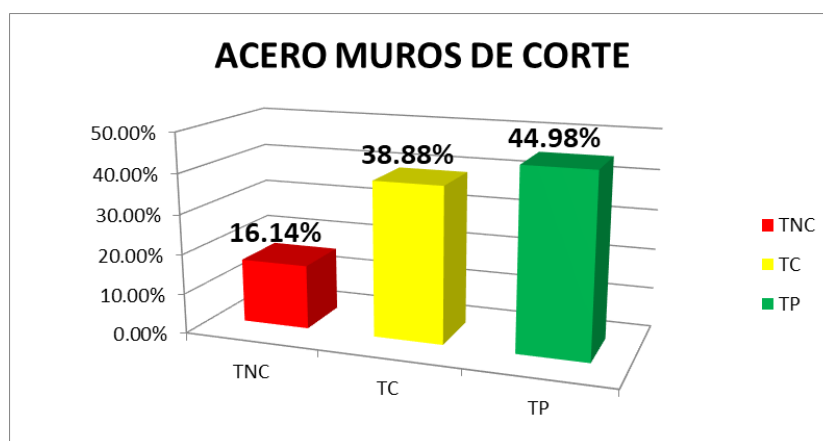


**Figura 80: Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero**

Fuente: *Elaboración propia*

Resultados y gráficos:

Siguiendo con el tema de los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 44.36%, en el Trabajo Contributorio un total de 38.88% y el Trabajo No Contributorio 16.14%; en la figura N°80 se muestran dichos valores.



**Figura 81: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de**

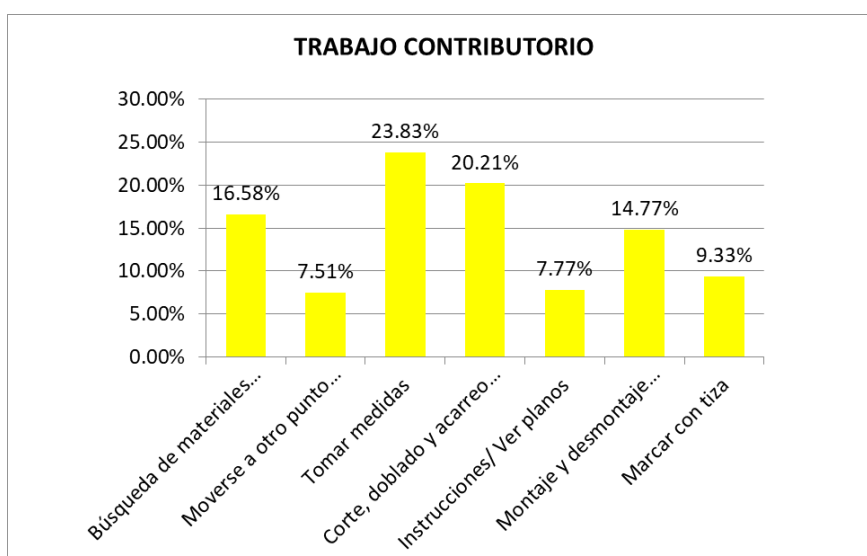
**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 82: Trabajo Productivo en la partida de Acero Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio el cual es representado por un 38.88% del total, haciendo un desglose de cada tarea presentes en esta pudimos encontrar lo siguiente:



**Figura 83: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Acero Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*



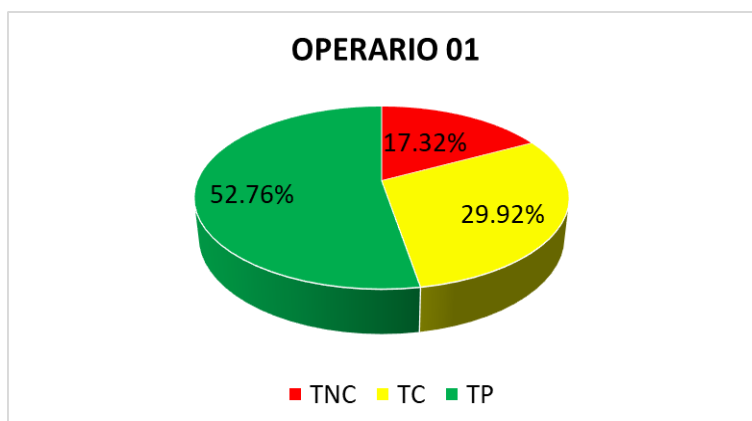
**Figura 84: Trabajo Contributorio en la partida de Acero Muros de Corte**

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 16.14% del total de las actividades realizadas, del cual el 66% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.4.2.2. Evaluación de resultados

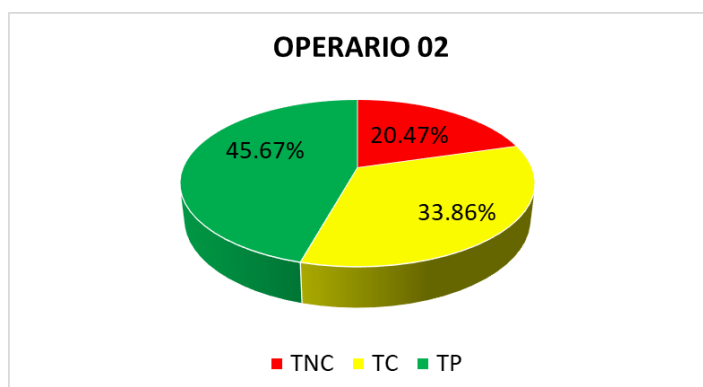
La partida Acero de Muros de Corte arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



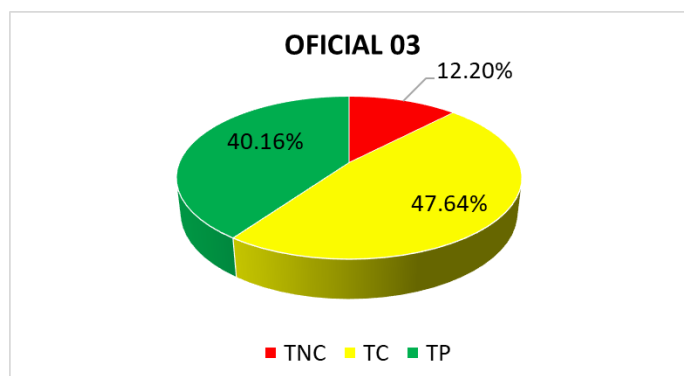
**Figura 85: Ocupación del tiempo del Operario 01 en la Partida de Amrado de Acero Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*



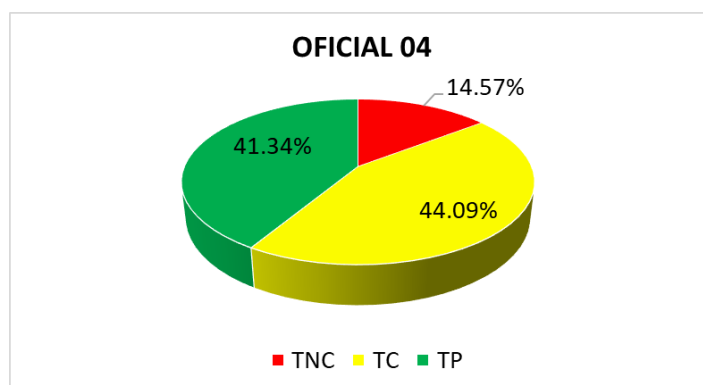
**Figura 86: Ocupación del tiempo del Operario 02 en la Partida de Armado de Acero Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 87: Ocupación del tiempo del Oficial 03 en la Partida de Armado de Acero Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 88: Ocupación del tiempo del Oficial 04 en la Partida de Armado de Acero Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Observando las figuras de los resultados obtenidos del desglose de la cuadrilla vemos como hay un predominio del porcentaje de Trabajos Contributorios por parte de los Oficiales los cuales vistos en campo eran los que tenían más responsabilidad sobre la tarea de traslado y búsqueda de materiales debido a que la zona de ferrería está situada en una parte bastante alejada de su área de trabajo.

#### 4.4.2.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 44.36% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°81, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento óptimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver cómo se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.

#### 4.2.7. Partida de Habilitación de Acero Columns

##### 4.2.7.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

###### Distribución de actividades:

Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°89 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los trabajos realizados, con ello, encontramos lo correspondiente al transporte o traslado de material, el corte doblado de acero, montaje de andamio, marcado con tiza con las mediciones respectivas y el armado de columna.

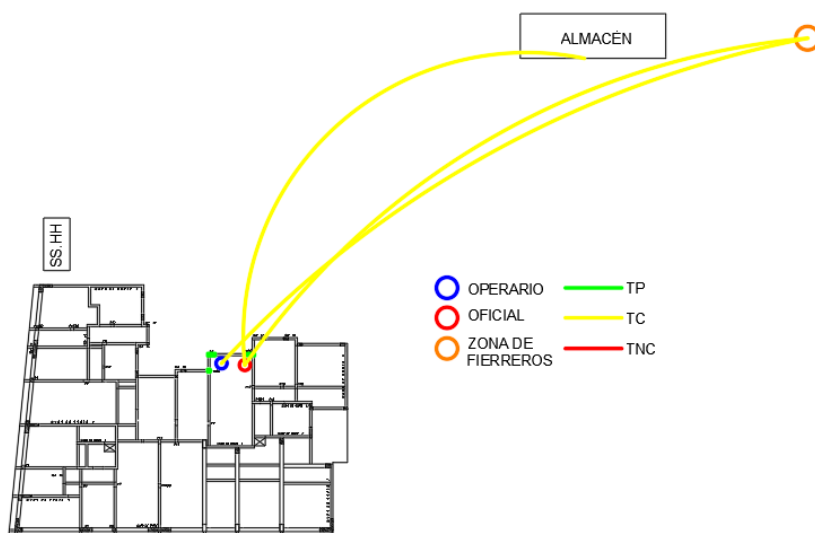


**Figura 89: Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero Columna**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Personal de obra y distribución:

En la partida de Habilitación y armado de Columnas encontramos que la cuadrilla está formada por 1 Operario y 1 Oficial, los cuales se encargan de hacer la toma de medidas apoyados también con el plano correspondiente, para luego realizar el corte o selección y transporte del material a utilizar, para así finalizar con el armado de la columna.

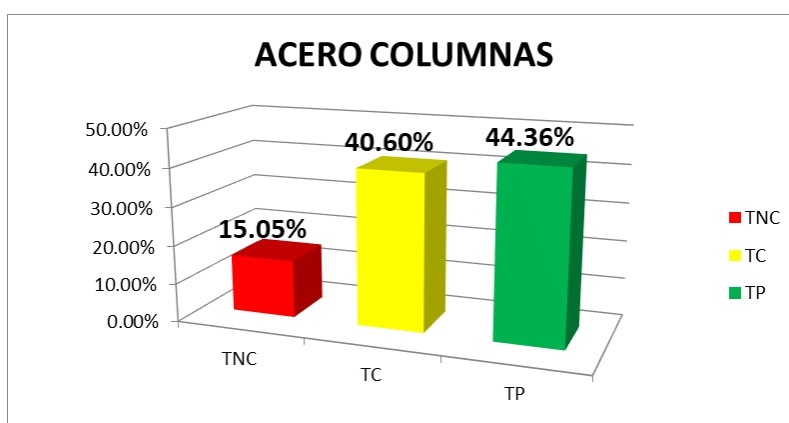


**Figura 90: Diagrama de Flujo de la partida de Habilitado y armado de acero Columna**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Resultados y gráficos:

Siguiendo con el tema de los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 44.36%, en el Trabajo Contributorio un total de 40.60% y el Trabajo No Contributorio 15.05%; en la figura N°90 se muestran dichos valores.



**Figura 91: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de Acero Columnas**

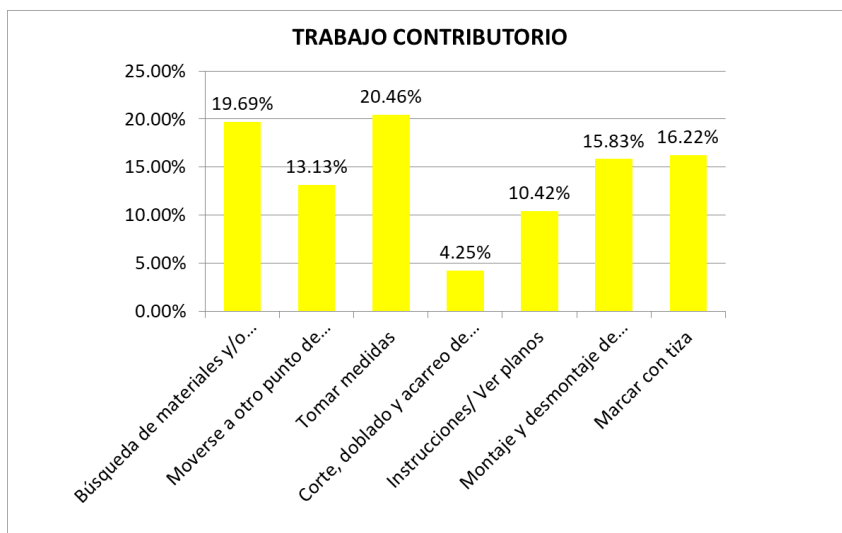
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 92: Trabajo Productivo en la partida de Acero Columnas**

*Fuente: Elaboración propia*

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio el cual es representado por un 40.60% del total, haciendo un desglose de cada tarea presentes en esta pudimos encontrar lo siguiente:



**Figura 93: Distribución del Trabajo Contributorio en la partida de Acero Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 94: Trabajo Contributorio en la partida de Acero Columnas**

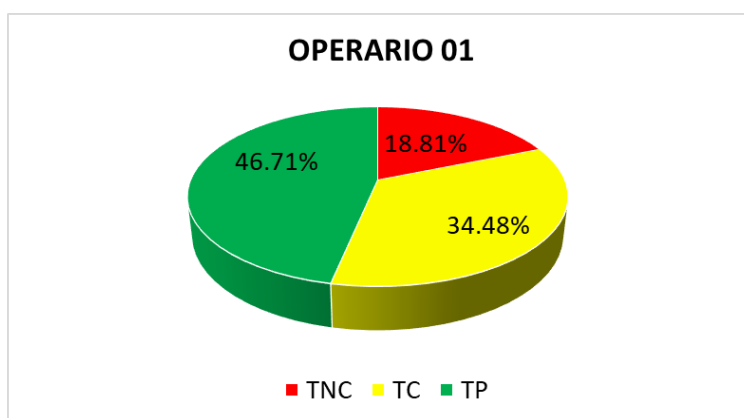
**Fuente:** *Elaboración propia*

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 15.05% del total de las actividades realizadas, del cual el 70% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero.

#### 4.4.2.4. Evaluación de resultados

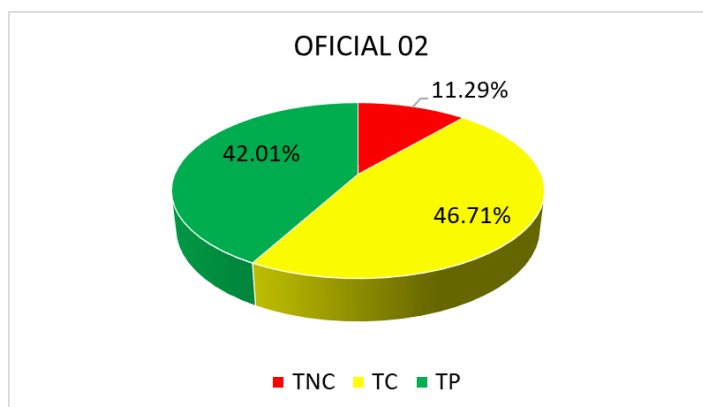
La partida Acero de columnas arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



**Figura 95: Ocupación del tiempo del Operario 01 en la Partida de Armado de Acero Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 96: Ocupación del tiempo del Oficial 02 en la Partida de Armado de Acero Columnas**

*Fuente: Elaboración propia*

Observando las figuras de los resultados obtenidos del desglose de la cuadrilla vemos como hay un predominio del porcentaje de Trabajos Contributorios por parte del Oficial 02 el cual visto en campo era el que tenía más responsabilidad sobre la tarea de traslado y búsqueda de materiales debido a que la zona de ferrería está situada en una parte bastante alejada de su área de trabajo.

#### 4.4.2.5. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 44.36% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°91, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con

el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento óptimo implementando la metodología de Last Planner System partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y así conocer los pormenores y ver cómo se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.

#### 4.5. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean de la Partida de Asentado de Ladrillo - Muros Portantes

##### 4.5.1. Empleo de la metodología

Como primera medida se busca realizar una adecuada identificación y reconocimiento de las distintas actividades realizados los cuales están divididas en 3 la cuales son actividades o tareas productivas, contributorias y por último las no contributorias.

Continuando con la metodología que se empleará en la partida de Asentado de Ladrillo de Muros Portantes se procede a seleccionar las tareas que pertenecen al Trabajo Productivo, estas son las que repercuten al resultado final de una manera directa quedando así de fijas.

Las tareas productivas más relevantes de las partidas de asentado de muros portantes fueron la colocación de mortero, asentado de ladrillo, colocación de mechas.

Las tareas encontradas en los Trabajos Contributorios fueron el acarreo de materiales, apilamiento de ladrillos, preparación de mezcla, etc.

Para finalizar vimos las tareas encontradas en los Trabajos No Contributorios como los trabajos rehechos, los tiempos de ocio, idas al baño y las esperas.

Teniendo en claro las actividades a medir se colocaron en la siguiente tabla:

PARTIDA	TP	TC	TNC
Asentado de Muros	Asentado de Ladrillo	Apilar ladrillos	Esperas
		Acarreo de material	Tiempo de ocio
	Colocación de Mortero	Medida de nivel	Ir al SS.HH
		Recibir/dar instrucciones	Viajes improductivos
	Colocación de Mechas	Armado de andamios	Trabajo rehecho
		Preparación de mezcla	
		Plomada	

**Tabla 8: Clasificación de los tipos de trabajo**

**Fuente:** *Elaboración propia*

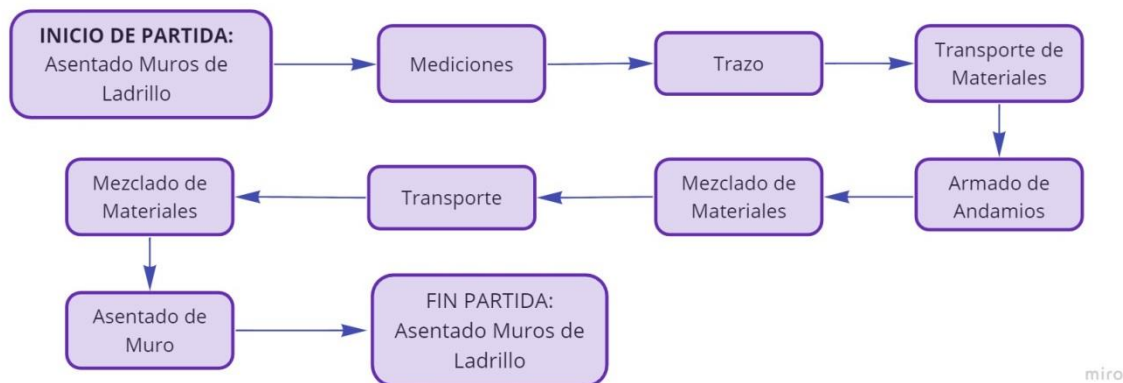
#### 4.5.2. Partida de Asentado de Muros Portantes

##### 4.5.2.1. Desarrollo de la Herramienta Cartas Balance y filosofía Lean

Distribución de actividades:

Para una visualización clara de cómo se desarrolla la actividad se esquematizó por medio de un diagrama de flujo cada tarea que engloba el proceso de una manera secuencial y poseer ordenadamente un diagrama general.

En la figura N°97 se puede ver la presencia de tareas contributorias las que son realizadas con la finalidad de poder así desarrollar las tareas que abarcan los Trabajos Productivos, con ello, encontramos lo correspondiente al acarreo de materiales e insumos como el ladrillo, las mediciones correspondientes, continuando con el mezclado y preparación del mortero el asentado de muros de ladrillo.

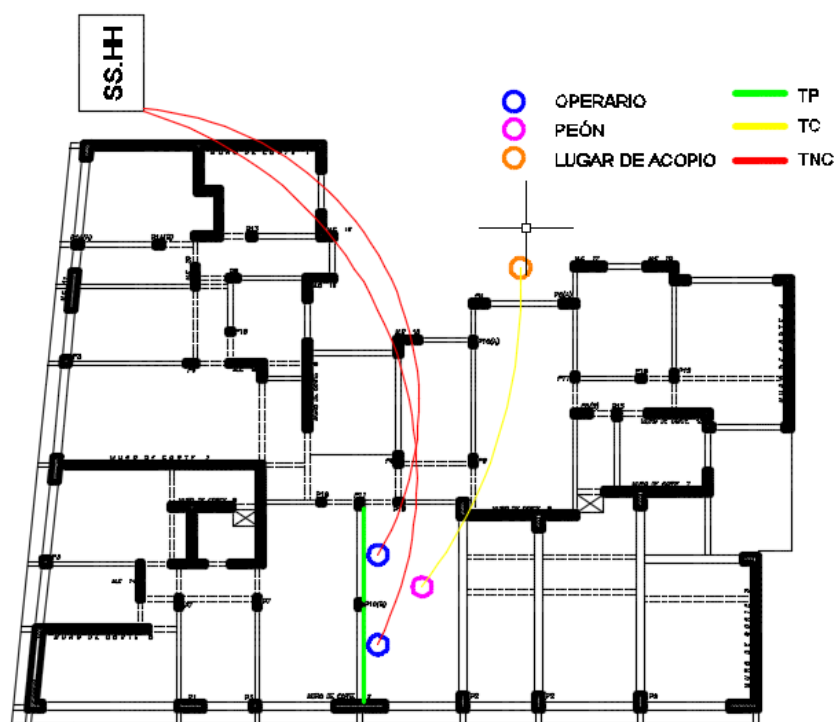


**Figura 97: Diagrama de Flujo de la partida de Asentado de muros de ladrillo.**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Personal de obra y distribución:

En la partida de Asentado de Muros Portantes encontramos que la cuadrilla está formada por 2 Operarios y 1 Peón, siendo este último el encargado de la preparación de la mezcla, del acarreo de los materiales (ladrillos, mechas, agua, etc), para que una vez identificada la zona donde se asentará el muro los operarios procedan con el asentado de muros de ladrillo.

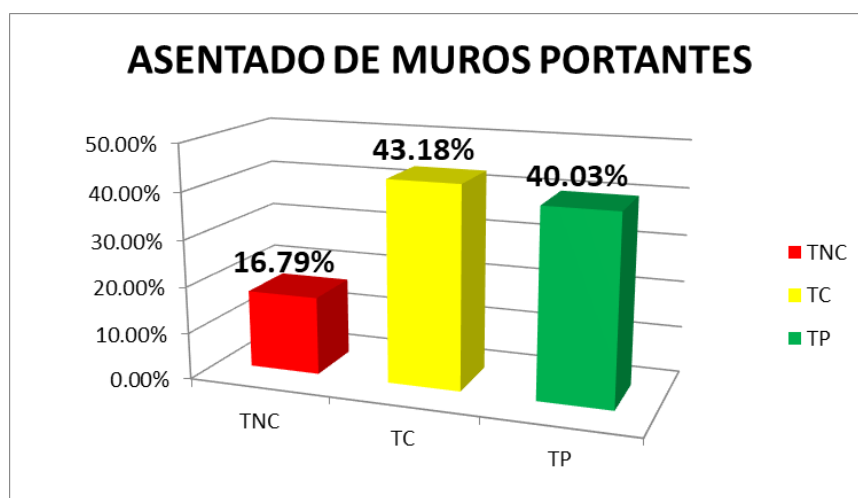


**Figura 98: Diagrama de spaghetti de la partida de Asentado de muros de ladrillo.**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Resultados y gráficos:

Siguiendo con el tema de los resultados y gráficos obtenidos de las cartas balance podemos observar la información obtenida de las cuadrillas, los cuales están divididos de la siguiente forma: Trabajo Productivo con un total de 40.03%, en el Trabajo Contributorio un total de 43.18% y el Trabajo No Contributorio 16.79%; en la figura N°98 se aprecian dichos valores.



**Figura 99: Resultados generales de la ocupación del tiempo en la partida de ladrillo**

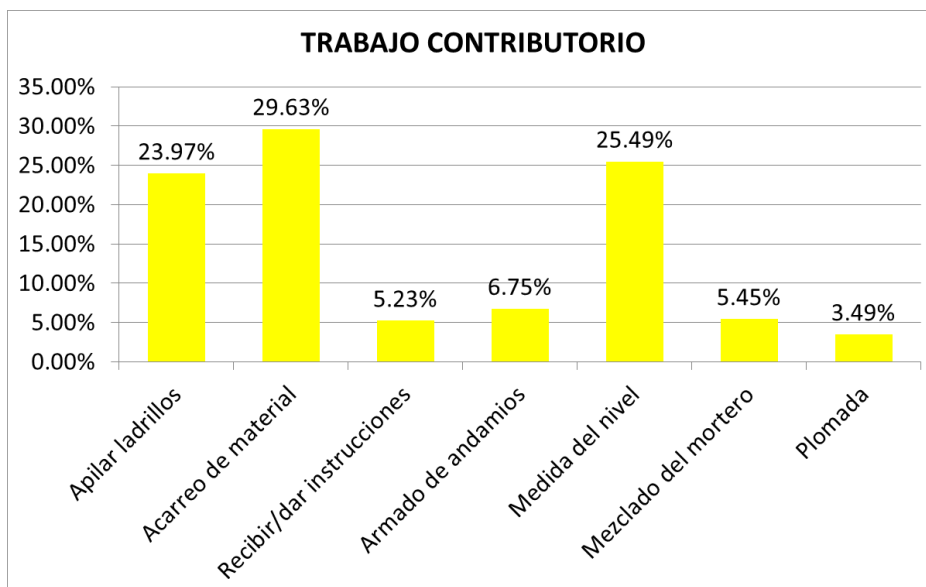
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 100: Trabajo Productivo en la Partida de Asentado de Muros Portantes**

*Fuente: Elaboración propia*

Haciendo una observación y reconocimiento más detallado de las cartas balance nos centramos en el Trabajo Contributorio obteniendo un 29.63% para el acarreo de material, 23.97% para apilar los ladrillos, 25.49% para medición del nivel, siendo éstas las de mayor relevancia para la toma de decisiones a la hora de buscar mejoras.



**Figura 101: Distribución del Trabajo Contributorio en la Partida de Asentado de Muros de Ladrillo**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 102: Trabajo Contributorio en la partida de Asentado de Muros de Ladrillo**

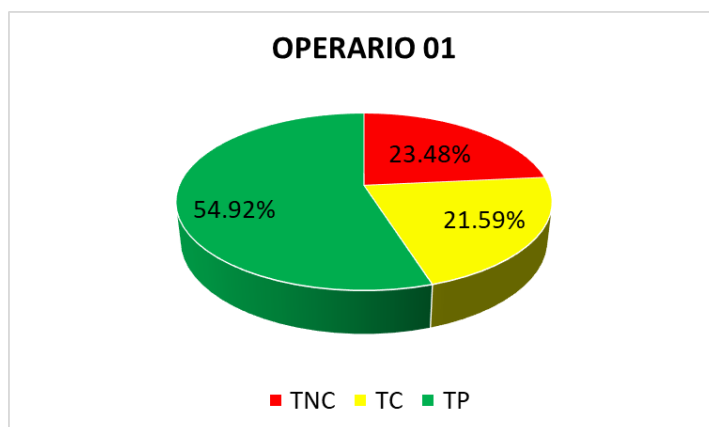
**Fuente:** *Elaboración propia*

También como resultado obtenido el Trabajo No Contributorio posee un 16.79% del total de las actividades realizadas, del cual el 90.1% está ocupado por esperas realizadas por el personal obrero las cuales se daban porque muchas veces el ladrillo tenía que ser trasladado desde zonas alejadas de donde se encontraba el área de trabajo.

#### 4.5.2.2. Evaluación de resultados

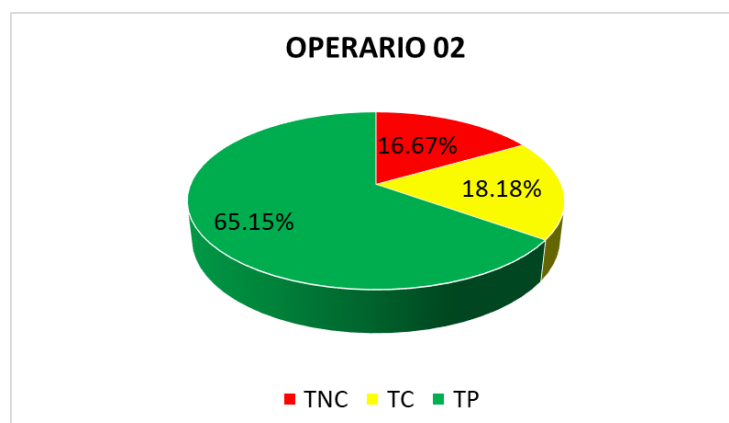
La partida Asentado de Muros Portantes arrojó resultados ya anteriormente mencionados los cuales nos muestran un panorama general de la distribución del tiempo empleado por parte de la cuadrilla, pero ahora se debe hacer un desglose de los miembros de la misma para tener un análisis más detallado observando la distribución de tiempos proponiendo y llevando a cabo las mejoras continuas con la finalidad de optimizar tiempos y que el flujo de la partida mejore.

Así pues, observamos el nivel general de Trabajo Productivo porque este es el que nos refleja que tanto trabajo de valor se está realizando realmente en obra y se busca continuamente la reducción del porcentaje de los Trabajos Contributorio y No Contributorio con esto logramos optimizar el proceso y aumentar la productividad.



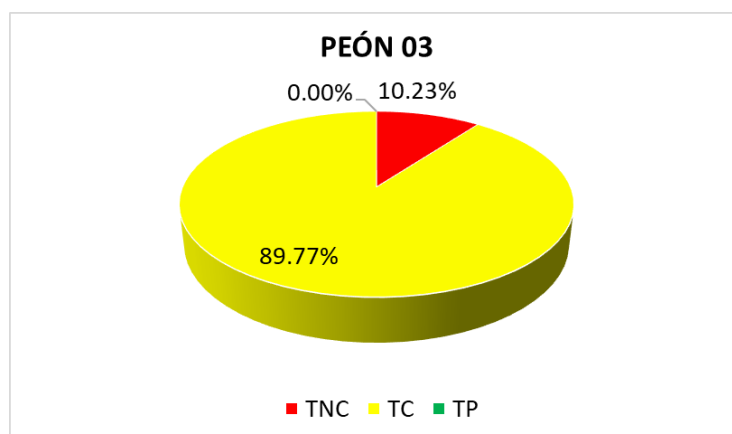
**Figura 103: Ocupación del tiempo del Operario 1 en la partida de Asentado**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 104: Ocupación del tiempo del Operario 02 en la partida de Asentado de Muros**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 105: Ocupación del tiempo del Peón 03 en la partida de Asentado de Muros**

**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 4.5.2.3. Planteamiento de mejoras

Una vez analizados los resultados obtenidos por las cartas balance se sabe que la cuadrilla cuenta con un valor de 40.03% para el tiempo productivo, conociendo la distribución del diagrama de flujo visto en la partida se reconoce que el procedimiento realizado si presenta un orden correcto, arrojando que los resultados vayan de acorde con los mostrados en la figura N°99, por lo cual se apunta a que la mejora continua vayan en función al incremento del Trabajo Productivo y Contributorio, mitigar en la medida de lo posible los Trabajos No Contributorios proponiendo así lo que se mostrará a continuación:

- Considerando los rendimientos obtenidos por la cuadrilla, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa; continuando con el procedimiento de mejora se pudo llevar un control de cumplimiento optimo implementando la metodología de Last Planner Sytem partiendo con la del Cronograma Macro continuando con una programación media (Lookahead) y concluyendo con una programación semanal, para así saber realmente el cumplimiento por parte de la cuadrilla en porcentaje y

así conocer los pormenores y ver como se mejoraron los porcentajes en los trabajos Productivo, Contributorio y No Contributorio de esta partida.

A medida que se iban aumentando los niveles los porcentajes de trabajo Contributorio y No Contributorio crecían debido a que la demora en traslado de material de nivel en nivel era más complicada debido a esto se plantearon algunas medidas:

Inicialmente dentro de la cuadrilla de Asentado de Muros Portantes teníamos a 2 Operario y 1 Peón, en la cual el peón era el encargado del acarreo de los insumos para la preparación de la mezcla con el zarandeo de la mismo y el transporte y apilamiento del ladrillo, lo cual claramente se aprecia en el porcentaje de Trabajos Contributorios, por ello se decidió que un oficial sea encargado del mezclado de la arena y el cemento por medio de la mezcladora tipo tolva para así optimizar el trabajo contributorio realizado por los demás integrantes de la cuadrilla antes de iniciar la actividad, puesto que servía para abastecer de mezcla a todos y así los operarios pudiesen aumentar el tiempo de TP. Teniendo las zonas sectorizadas los trabajadores ya sabían qué lugar iban a ocupar para empezar con la partida así que se coordinó con el maestro de obra para que los ayudantes coloquen la cantidad de ladrillo exacta que se iba a utilizar para asentar cada muro evitando así remanipular el material y sobre todo asegurando un trabajo ordenado y no generando desperdicios.

## 4.6. Resumen de las Partidas Evaluadas

## 4.6.1. Valores obtenidos con la metodología tradicional:

## 4.6.1.1. Encofrado de Columnas:

PARTIDA	ENCOFRADO DE COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	38.91%	40.60%	20.49%

**Tabla 9: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Encofrado Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.1.2. Encofrado de Muros de Corte:

PARTIDA	ENCOFRADO DE MUROS DE CORTE		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	40.51%	39.39%	20.10%

**Tabla 10: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Encofrado Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.1.3. Encofrado de Vigas:

PARTIDA	ENCOFRADO DE VIGAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	40.10%	39.32%	20.57%

**Tabla 11: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Encofrado Vigas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.1.4. Encofrado de Losa:

PARTIDA	ENCOFRADO DE LOSA		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	39.56%	40.11%	20.33%

**Tabla 12: Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Losa**

*Fuente: Elaboración propia*

## 4.6.1.5. Concreto Columnas:

PARTIDA	CONCRETO COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	32.08%	46.56%	21.35%

**Tabla 13: Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto columnas**

*Fuente: Elaboración propia*

## 4.6.1.6. Concreto Muros de Corte:

PARTIDA	CONCRETO MUROS DE CORTE		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	34.33%	44.62%	21.05%

**Tabla 14: Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*

## 4.6.1.7. Concreto Losa:

PARTIDA	CONCRETO LOSA		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	34.38%	45.31%	20.31%

**Tabla 15: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Concreto Losa**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.1.8. Acero Columnas:

PARTIDA	ACERO COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	44.36%	40.60%	15.05%

**Tabla 16: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Acero Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.1.9. Acero Muros de Corte:

PARTIDA	ACERO MUROS DE CORTE		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	44.98%	38.88%	16.14%

**Tabla 17: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Acero Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

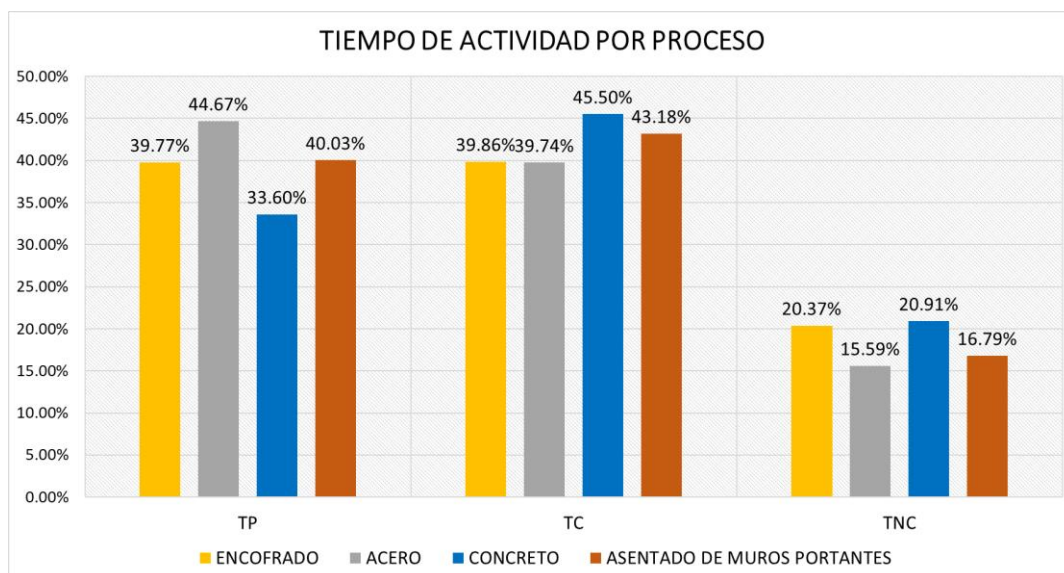
## 4.6.1.10. Asentado Muros Portantes de Ladrillo:

PARTIDA	ASENTADO DE MUROS PORTANTES		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	40.03%	43.18%	16.79%

**Tabla 18: Resumen de empleo de tiempos de la partida Muros Portantes**

**Fuente:** *Elaboración propia*

A continuación, se presenta en la figura N. la distribución de tiempos de las actividades realizadas en los procesos de: Encofrado, Acero, Concreto y Muros portantes de Ladrillo en la que se puede apreciar como la habilitación y armado de acero tiene el mayor aporte del tiempo productivo, siendo la más eficientes en comparación con los demás procesos



**Figura 106: Cuadro Resumen de Tipo de Actividad por Proceso**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2. Valores obtenidos con la filosofía de trabajo Lean Construction:

## 4.6.2.1. Encofrado de Columnas:

PARTIDA	ENCOFRADO DE COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	43.98%	38.16%	17.86%

**Tabla 19: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Encofrado Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2.2. Encofrado de Muros de Corte:

PARTIDA	ENCOFRADO DE MUROS DE CORTE		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	47.59%	36.82%	15.59%

**Tabla 20: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Encofrado Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2.3. Encofrado de Vigas:

PARTIDA	ENCOFRADO DE VIGAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	44.14%	38.15%	17.71%

**Tabla 21: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Encofrado Vigas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2.4. Encofrado de Losa:

PARTIDA	ENCOFRADO DE LOSA		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	43.61%	39.17%	17.21%

**Tabla 22: Resumen de empleo de tiempos de la partida Encofrado Losa**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2.5. Concreto Columnas:

PARTIDA	CONCRETO COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	35.42%	46.56%	18.02%

**Tabla 23: Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2.6. Concreto Muros de Corte:

PARTIDA	CONCRETO MUROS DE CORTE		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	38.54%	45.10%	16.36%

**Tabla 24: Resumen de empleo de tiempos de la partida Concreto Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2.7. Concreto Losa:

PARTIDA	CONCRETO LOSA		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	37.46%	46.27%	16.28%

**Tabla 25: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Concreto Losa**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2.8. Acero Columnas:

PARTIDA	ACERO COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	50.31%	36.52%	13.17%

**Tabla 26: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Acero Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.6.2.9. Acero Muros de Corte:

PARTIDA	ACERO MUROS DE CORTE		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	48.52%	38.58%	12.89%

**Tabla 27: Resumen de empleo de tiempos de la partida  
Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

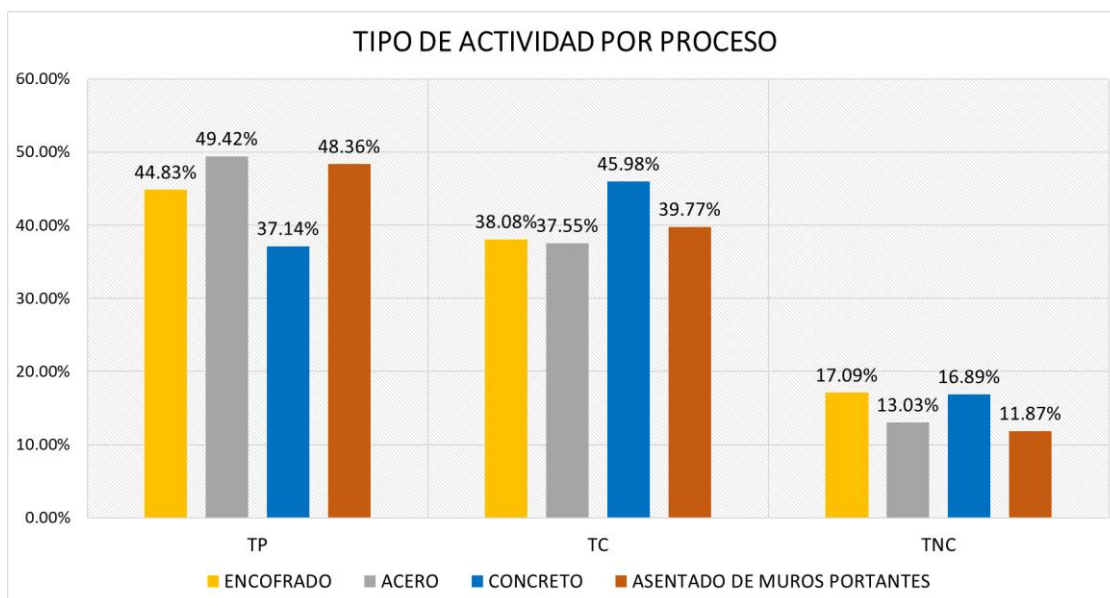
## 4.6.2.10. Asentado Muros Portantes de Ladrillo:

PARTIDA	ASENTADO DE MUROS PORTANTES		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
PROM%	48.36%	39.77%	11.87%

**Tabla 28: Resumen de empleo de tiempos de la partida Asentado Muros Portantes**

**Fuente:** *Elaboración propia*

A continuación, se presenta en la figura N. la distribución de tiempos de las actividades realizadas en los procesos de: Encofrado, Acero, Concreto y Muros portantes de Ladrillo en la que se puede apreciar como la habilitación y armado de acero tiene el mayor aporte del tiempo productivo, siendo la más eficiente en comparación con los demás procesos



**Figura 107: Cuadro Resumen de Tipo de Actividad por Proceso modelo Lean**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## V. Discusión

### 5.1. Evaluación del Modelo Tradicional vs Modelo Lean Construction:

Muchas veces nos cuesta mucho salir del molde debido a que nos encontramos situados en nuestra zona cómoda o de confort siendo esto algo perjudicial para nuestro progreso y crecimiento continuo, esto aplica para todo en la vida, adaptarnos al cambio puede parecer incomodo, pero es necesario para ser mejores y obtener grandes beneficios, el campo de la construcción no es la excepción a la regla si no que se siguen manejando la metodología tradicional, la cual es un modelo de transformación en donde las partidas o tareas (armado de columnas, vaciado de losa, encofrado de vigas, etc.) vienen siendo graficadas o representadas en un esquema de Entrada-Transformación-Salida, aquí se observa cómo se da el ingreso de la materia prima la que se convertirá y saldrá finalmente con el resultado final o producto que es el fin de la actividad.

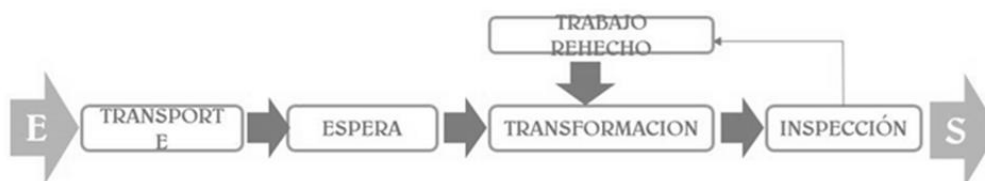


**Figura 108: Modelo tradicional de Transformación**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Esto se enfoca exclusivamente en la transformación de una manera global sin considerar todas las actividades inmersas en el proceso de conversión como por ejemplo de los viajes y transportes, los trabajos rehechos, las instrucciones, las esperas, etc. y con ello hacer del reconocimiento de las mismas una tarea muy complicada negando la generación de un cambio positivo. En cambio, con el modelo Lean Construction analizaremos todas las actividades y tareas presentes en el proceso como las mediciones, acarreo de material, tiempo de ocio. Como objetivo central es el reconocimiento y cuantificación de todo tipo de pérdidas y desperdicios dentro de los flujos para así mitigarlos y de ser posible eliminar. Esta filosofía de trabajo se centra en mitigar y eliminar los Trabajos No

Contributorios, que se disminuya el tiempo empleado para los Trabajos Contributorios y que se genere un incremento del tiempo usado para los Trabajos Productivos.



**Figura 109: Modelo de Flujos Lean Construction**

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 5.2. Aplicación de Herramienta Carta Balance

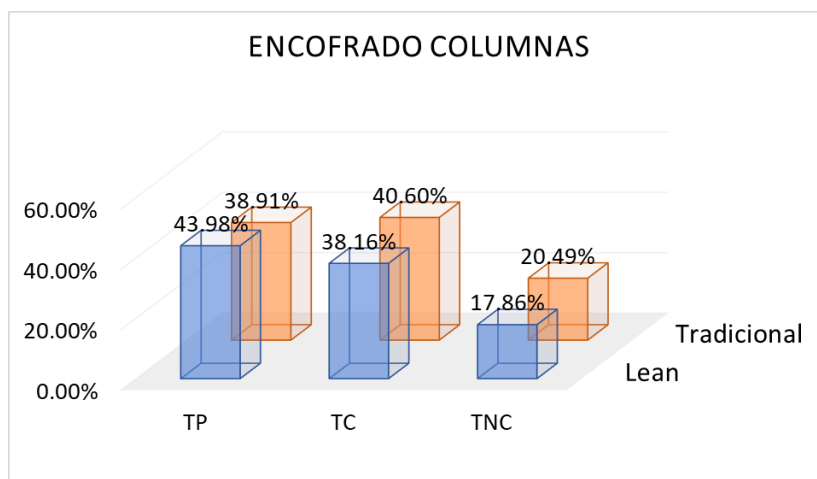
Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en las partidas seleccionadas de la especialidad de estructuras, y con el resumen de resultados previamente analizados, pudimos poner en práctica la filosofía Lean aplicando estrategias y mejoras primordiales obtenidas de la evaluación y análisis minucioso hecho en cada una de las partidas logrando una mejora en los procesos seleccionados y para tener una visión clara de estos resultados aquí se presentan cuadros comparativos entre la metodología tradicional y la filosofía Lean y un gráfico con estado previo de cada partida, frente al estado de los tiempos de trabajo luego de que se aplicaron las mejoras planteadas anteriormente.

Encofrado de Columnas:

PARTIDA	ENCOFRADO DE COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
Lean	43.98%	38.16%	17.86%
Tradicional	38.91%	40.60%	20.49%

**Tabla 29: Comparativo de la Partida Encofrado Columna**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 110: Gráfico Comparativo de la Partida Encofrado Columna**

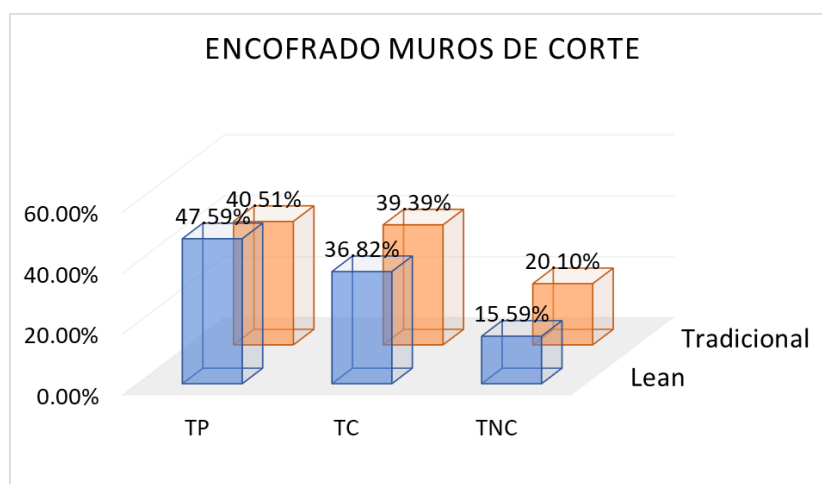
*Fuente: Elaboración propia*

Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de encofrado de columnas se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas del operario debido a que su pareja tomaba mucho tiempo en la búsqueda y transporte de material, analizando lo ocurrido vimos que una de las grandes restricciones de esta partida era el alto nivel de desorden de ubicación de materiales como la madera la cual venía siendo puesta en cualquier zona de trabajo creando incomodidad y perjuicio para los otros trabajadores, muchos de los encofradores no respetaban la limpieza y el orden mínimo por esto se hicieron las charlas respectivas y en la Pull session coordinar con el jefe del grupo para que se trabajase sobre esas indicaciones.

Encofrado de Muros de Corte:

PARTIDA	ENCOFRADO DE MUROS DE CORTE		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
Lean	47.59%	36.82%	15.59%
Tradicional	40.51%	39.39%	20.10%

**Tabla 30: Comparativo de la Partida Encofrado Muros de Corte**



**Figura 111: Gráfico Comparativo de la Partida Encofrado Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

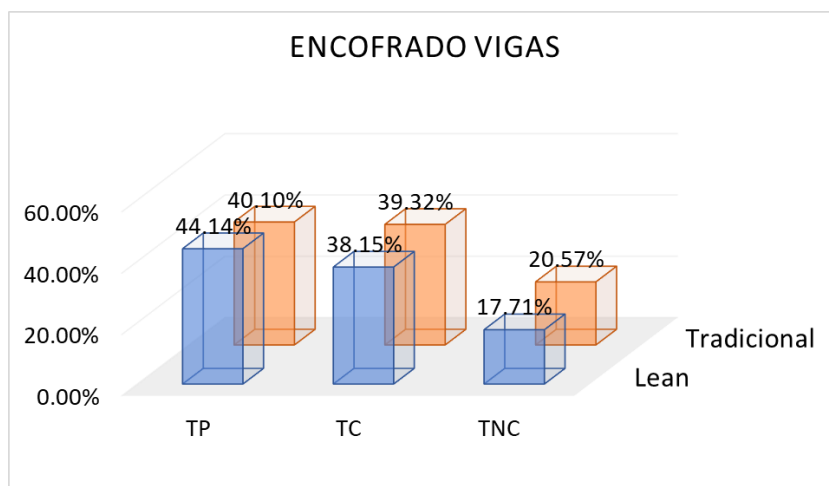
Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de encofrado de muros de corte se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas del operario debido a que su pareja tomaba mucho tiempo en la búsqueda y transporte de material, analizando lo ocurrido vimos que una de las grandes restricciones de esta partida era el alto nivel de desorden de ubicación de materiales como la madera la cual venía siendo puesta en cualquier zona de trabajo creando incomodidad y perjuicio para los otros trabajadores, muchos de los encofradores no respetaban la limpieza y el orden mínimo por esto se hicieron las charlas respectivas y en la Pull session coordinar con el jefe del grupo para que se trabajase sobre esas indicaciones. También otros de los puntos a mejorar fueron que la madera usada no se encontraba en las mejores condiciones y se implementó poco a poco el encofrado metálico debido a que si bien ya se contaba con este no cubría todo el trabajo a realizar por lo que se fabricaron en obra y así el trabajo sería más homogéneo puesto a que las medidas eran estándares y los trabajos Contributorios de mediciones o fabricación y corte de material disminuyeron considerablemente, con la sectorización se pudo seguir un orden completo y se empezaron a respetar mucho más las zonas de trabajo evitando interferencias entre especialidades.

Encofrado de Vigas:

PARTIDA	ENCOFRADO DE VIGAS		
	TP	TC	TNC
Lean	44.14%	38.15%	17.71%
Tradicional	40.10%	39.32%	20.57%

**Tabla 31: Comparativo de la Partida Encofrado Vigas**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 112: Gráfico Comparativo de la Partida Encofrado Vigas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

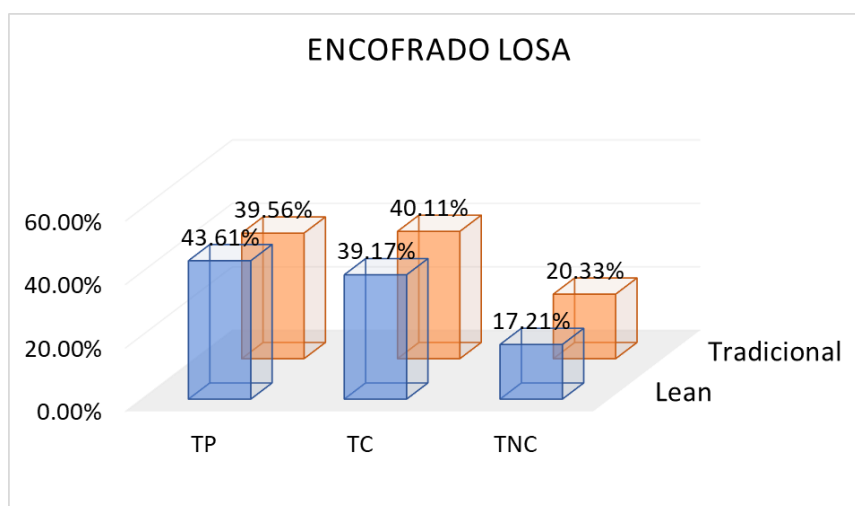
Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de encofrado de vigas se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas del operario debido a que su pareja tomaba mucho tiempo en la búsqueda y transporte de material, analizando lo ocurrido vimos que una de las grandes restricciones de esta partida era el alto nivel de desorden de ubicación de materiales como la madera la cual venía siendo puesta en cualquier zona de trabajo creando incomodidad y perjuicio para los otros trabajadores, muchos de los encofradores no respetaban la limpieza y el orden mínimo por esto se hicieron las charlas respectivas y en la Pull session coordinar con el jefe del grupo para que se trabajase sobre esas indicaciones. Poco a poco se fue desplazando el uso de pies derechos y se trajeron postes metálicos para el encofrado de vigas lo cual era mucho más práctico a la hora de manipular y colocar en obra.

Encofrado de Losa:

PARTIDA	ENCOFRADO DE LOSA		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
Lean	43.61%	39.17%	17.21%
Tradicional	39.56%	40.11%	20.33%

**Tabla 32: Comparativo de la Partida Encofrado Losa**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 113: Gráfico Comparativo de la Partida Encofrado Losa**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de encofrado de Losas se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas debido a que tomaban mucho tiempo en la búsqueda y transporte de material, analizando lo ocurrido vimos que una de las grandes restricciones de esta partida era el alto nivel de desorden de ubicación de materiales como la madera la cual venía siendo puesta en cualquier zona de trabajo creando incomodidad y perjuicio para los otros trabajadores, muchos de los encofradores no respetaban la limpieza y el orden mínimo presentando también daños constantes en las instalaciones eléctricas las cuales generaban trabajos rehechos e incomodidad por parte del electricista por esto se hicieron las charlas respectivas y en la Pull session coordinar con el jefe del grupo para que se

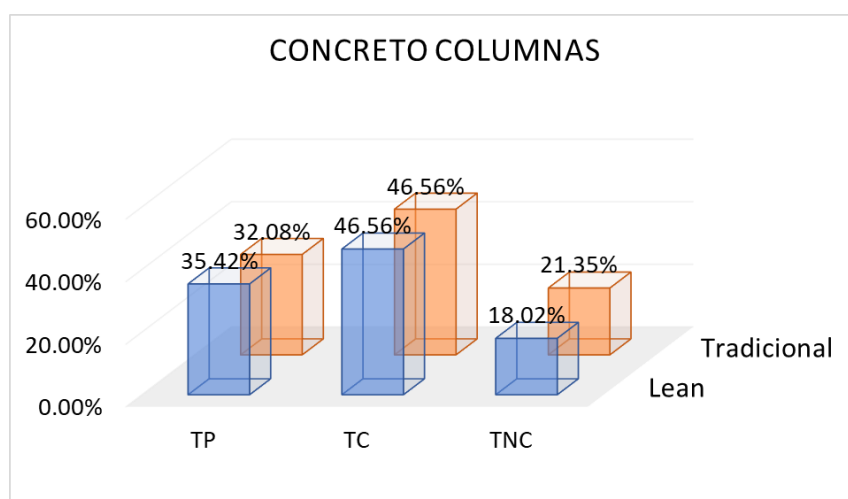
trabajase sobre esas indicaciones. Poco a poco se fue desplazando el uso de pies derechos y se trajeron postes metálicos para el encofrado de losa lo cual era mucho más práctico a la hora de manipular y colocar en obra, también vimos que el desperdicio generado por el corte del ladrillo de techo al momento de su colocación dejaba una cantidad considerable de desechos en el piso inferior por lo que se decidió realizar el corte del mismo en la planta baja y subirse ya cortado además se empezaron reemplazar las tablas por paneles para el encofrado debido a que esto sumaba para la no generación de desperdicio y su colocación evitaba los tiempos contributivos y no contributivos en exceso puesto a que no se hacía corte de tablas o mediciones en gran cantidad.

Concreto Columnas:

PARTIDA	CONCRETO COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
Lean	35.42%	46.56%	18.02%
Tradicional	32.08%	46.56%	21.35%

**Tabla 33: Comparativo de la Partida Concreto Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 114: Gráfico Comparativo de la Partida Concreto Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

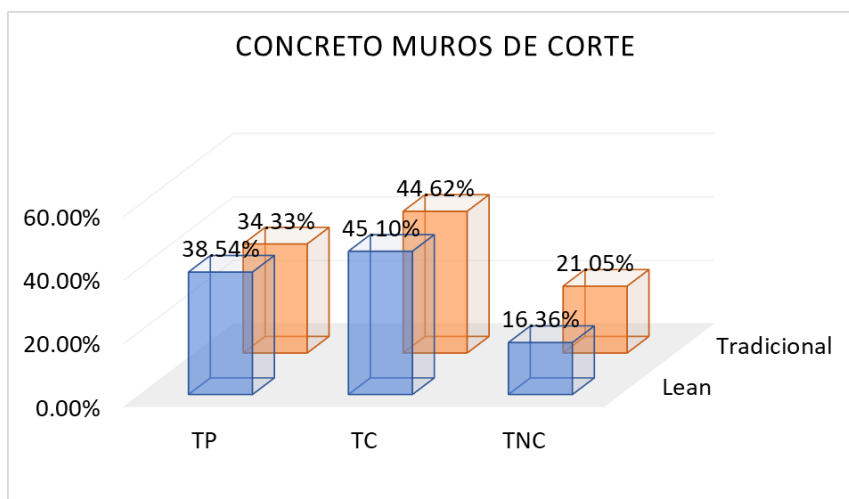
Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de concreto columnas se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas debido a se tomaba mucho tiempo en el transporte de material, analizando lo ocurrido se pudo ver que la ubicación de la mezcladora no era la óptima debido a que generaba que un peón tuviese que recibir el concreto y trasladarlo hasta el winche haciendo que los tiempos Contributorios aumenten por lo que se decidió abastecer directo de la mezcladora al winche colocándola justo debajo de esta siempre con las medidas de seguridad correspondientes y así se pudo disminuir la cuadrilla, de igual forma al momento de llevar el concreto hasta el lugar de vaciado ocurrían esperas para los bugueros debido que era ineficiente tener 3 por tanto se disminuyó a 2. Otro de los factores por los que existían demoras en el vaciado era debido a que si bien la consistencia del concreto era plástica esta estaba al límite siendo muy poco trabajable en columnas con secciones muy reducidas por lo que se decidió trabajar con un aditivo plastificante para que la trabajabilidad del concreto aumente y así sea más eficiente el vaciado.

Concreto Muros de Corte:

PARTIDA	CONCRETO MUROS DE CORTE		
	TP	TC	TNC
Lean	38.54%	45.10%	16.36%
Tradicional	34.33%	44.62%	21.05%

**Tabla 34: Comparativo de la Partida Concreto Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboracion propia*



**Figura 115: Gráfico Comparativo de la Partida Concreto Muros de Corte**

**Fuente:** *Elaboración propia*

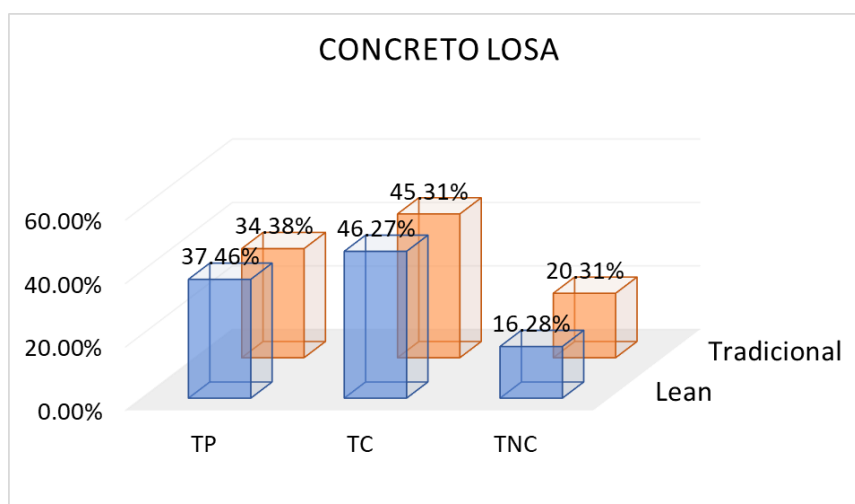
Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de concreto muros de corte se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas debido a se tomaba mucho tiempo en el transporte de material, analizando lo ocurrido se pudo ver que la ubicación de la mezcladora no era la óptima debido a que generaba que un peón tuviese que recibir el concreto y trasladarlo hasta el winche haciendo que los tiempos Contributorios aumenten por lo que se decidió abastecer directo de la mezcladora al winche colocándola justo debajo de esta siempre con las medidas de seguridad correspondientes y así se pudo disminuir la cuadrilla, de igual forma al momento de llevar el concreto hasta el lugar de vaciado ocurrían esperas para los bugueros debido que era ineficiente tener 3 por tanto se disminuyó a 2. Otro de los factores por los que existían demoras en el vaciado era debido a que si bien la consistencia del concreto era plástica esta estaba al límite siendo muy poco trabajable en placas con espesor de 13 cm por lo que se decidió trabajar con un aditivo plastificante para que la trabajabilidad del concreto aumente y así sea más eficiente el vaciado, haciendo que el flujo sea continuo.

Concreto Losa:

PARTIDA	CONCRETO LOSA		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
Lean	37.46%	46.27%	16.28%
Tradicional	34.38%	45.31%	20.31%

**Tabla 35: Comparativo de la Partida Concreto Losa**

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 116: Gráfico Comparativo de la Partida Concreto Losa**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de concreto Losa se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas debido a se tomaba mucho tiempo en el transporte de material, analizando lo ocurrido se pudo ver que la ubicación de la mezcladora no era la óptima debido a que generaba que un peón tuviese que recibir el concreto y trasladarlo hasta el winche haciendo que los tiempos Contributorios aumenten por lo que se decidió abastecer directo de la mezcladora al winche colocándola

justo debajo de esta siempre con las medidas de seguridad correspondientes y así se pudo disminuir la cuadrilla. Pudimos observar que en el análisis de la cuadrilla uno de los operarios tenía un elevado porcentaje de trabajo no Contributorio y en base a su rendimiento se optó reorganizar la misma teniendo así un operario menos.

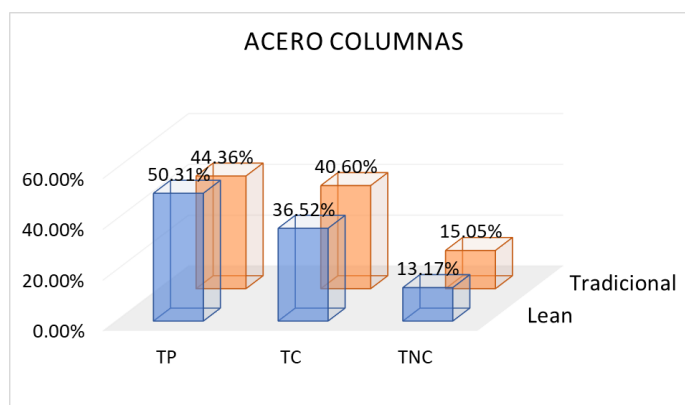
Acero Columnas:

PARTIDA	ACERO COLUMNAS		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
Lean	50.31%	36.52%	13.17%
Tradicional	44.36%	40.60%	15.05%

**Tabla 36: Comparativo de la Partida Acero Columnas**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de Acero Columnas se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas debido a se tomaba mucho tiempo en el transporte de material, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa así se pudo seguir un orden de trabajo.



**Figura 117: Gráfico Comparativo de la Partida Acero Columnas**

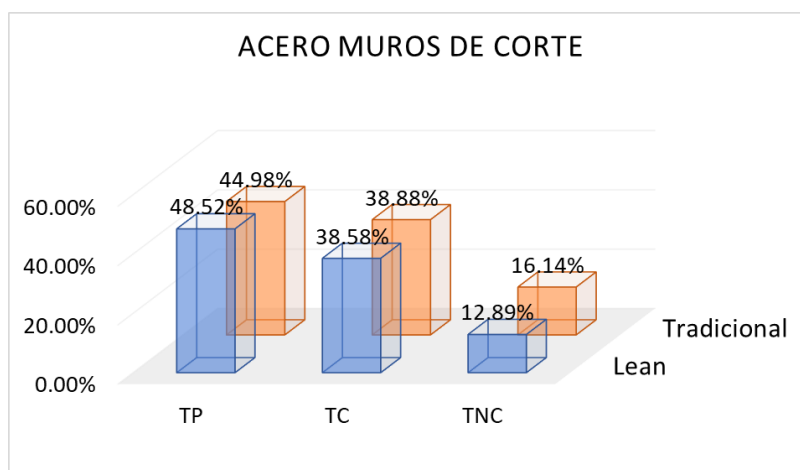
**Fuente:** *Elaboración propia*

Acero Muros de Corte:

PARTIDA	ACERO MUROS DE CORTE		
	TP	TC	TNC
Lean	48.52%	38.58%	12.89%
Tradicional	44.98%	38.88%	16.14%

**Tabla 37: Comparativo de la Partida Acero Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 118: Gráfico Comparativo de la Partida Acero Muros de Corte**

*Fuente: Elaboración propia*

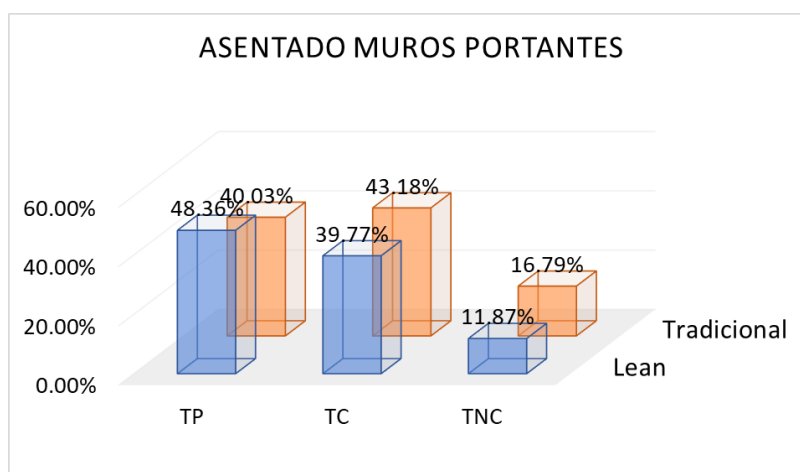
Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de Acero Muros de Corte se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, como las esperas debido a se tomaba mucho tiempo en el transporte de material, se procedió a realizar una adecuada Sectorización del Block A el cual está dividido en dos sub bloques los cuales son el A1 y A2 dando como resultado tener 4 zonas de trabajo distribuidos de una manera equitativa así se pudo seguir un orden de trabajo.

## Asentado Muros Portantes de Ladrillo:

PARTIDA	ASENTADO DE MUROS PORTANTES		
TIPO DE ACT.	TP	TC	TNC
Lean	48.36%	39.77%	11.87%
Tradicional	40.03%	43.18%	16.79%

**Tabla 38: Comparativo de la Partida Muros Portantes de Ladrillo**

**Fuente:** *Elaboración propia*



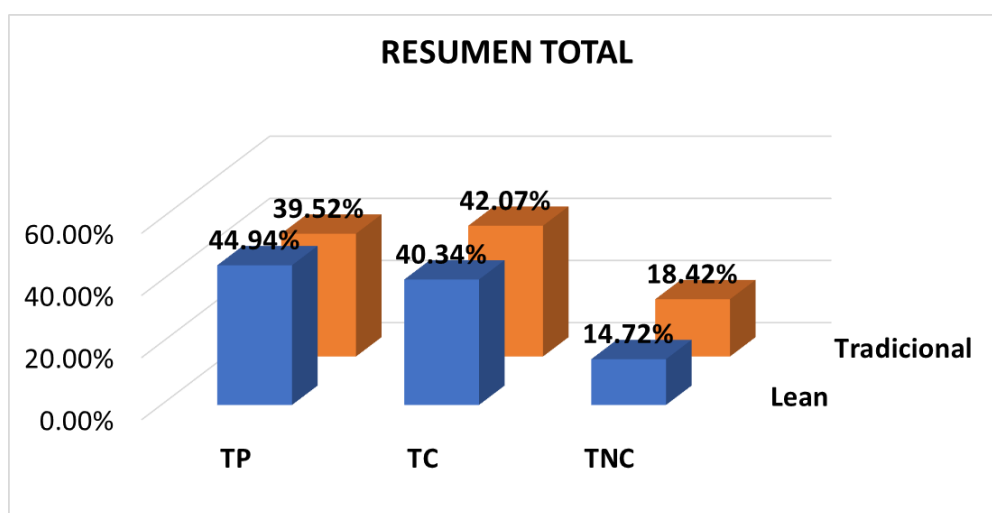
**Figura 119: Gráfico Comparativo de la Partida Muros Portantes de Ladrillo**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Puesta en marcha la metodología planificada del uso de Cartas Balance en la partida de Asentado de Muros Portantes se pudo observar que un gran porcentaje del tiempo empleado por la cuadrilla era destinado trabajos no Contributorios, en la cuadrilla se observó que el peón era el encargado del acarreo de los insumos para la preparación de la mezcla con el zarandeo de la mismo y el transporte y apilamiento del ladrillo, generando grandes esperar para los operarios de la cuadrilla, por ello se decidió que un oficial sea encargado del mezclado de la arena y el cemento por medio de la mezcladora tipo tolva para así optimizar el trabajo contributorio realizado por los demás integrantes de la cuadrilla antes de iniciar la actividad, puesto que servía para abastecer de mezcla a todos y así los

operarios pudiesen aumentar el tiempo de TP. Teniendo las zonas sectorizadas los trabajadores ya sabían qué lugar iban a ocupar para empezar con la partida así que se coordinó con el maestro de obra para que los ayudantes coloquen la cantidad de ladrillo exacta que se iba a utilizar para asentar cada muro el día previo a la actividad evitando así remanipular el material y sobre todo asegurando un trabajo ordenado y no generando desperdicios.

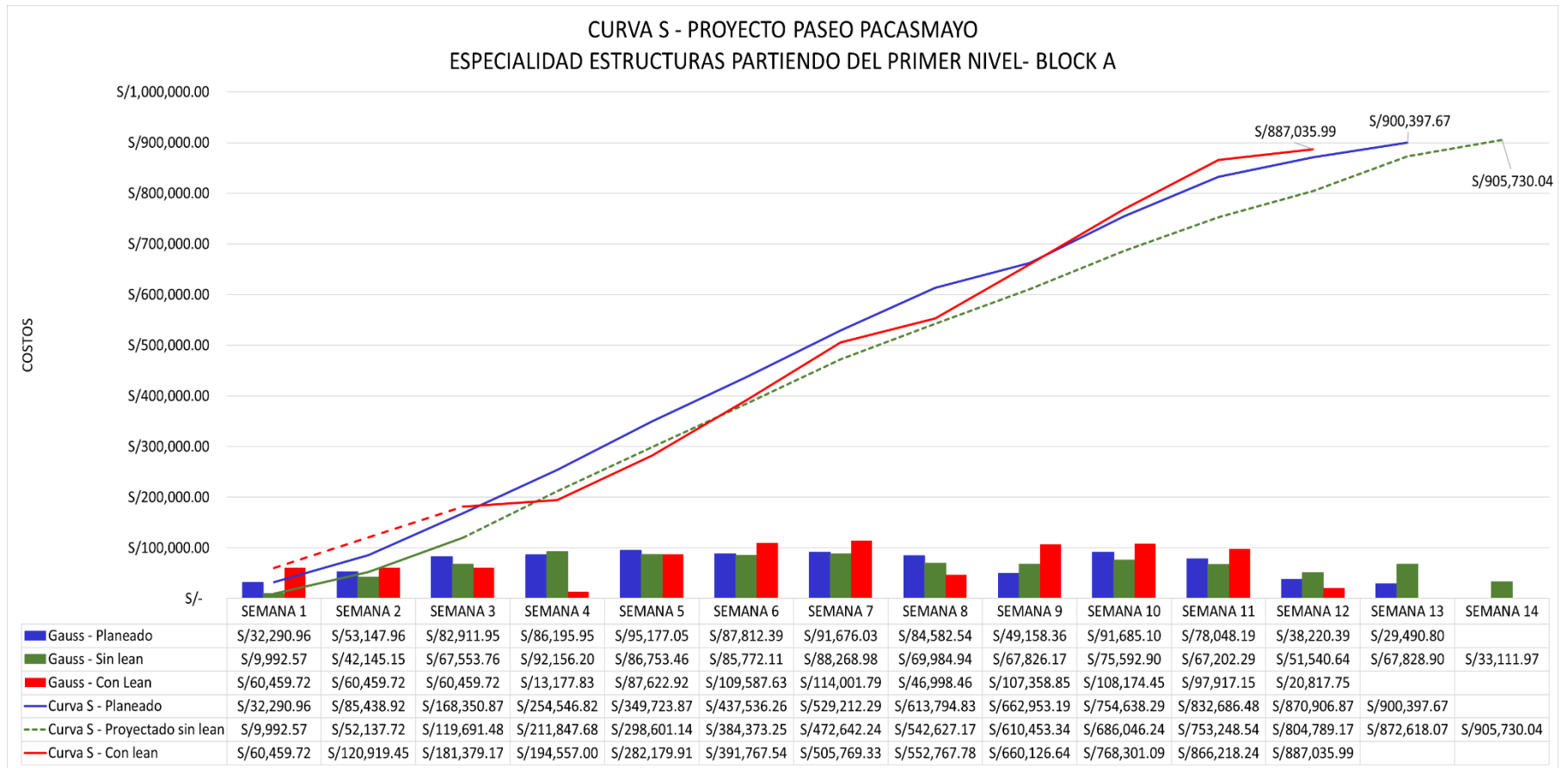
### 5.3. Resumen General de Distribución de Tiempos modelo Tradicional y Filosofía Lean:



**Figura 120: Resumen General de Partidas**

*Fuente: Elaboración propia*

Finalmente, luego de realizar todas las mediciones correspondientes y puesto en práctica las distintas herramientas de mejora de la filosofía Lean Construction en las partidas seleccionadas de la especialidad de estructuras como la mejora en los flujos agregando nuevas formas de trabajo y generando innovación, modificando también cuadrillas obteniendo un trabajo optimizado pudimos reducir los Trabajos Contributorios y así elevar los niveles de trabajo Productivo.



**Figura 121: Curva S - Especialidad Estructuras partiendo desde el Primer Nivel- Block A**

**Fuente:** *Elaboración propia*

Con ello se hizo una evaluación final de la Curva S aplicada del presupuesto de la especialidad estructuras del Block A partiendo desde el primer nivel en donde se puede apreciar que hubo una mejora considerable empleando la herramienta cartas balance y filosofía Lean con la que con el modelo Lean se logró terminar en la semana 12 mientras que si se hubiese continuado con la metodología tradicional hubiéramos tenido una demora de 14 semanas. Logrando así un ahorro considerable de 18694.05 nuevos soles.

## VI. Conclusiones

- 1 Una vez realizados los análisis de los tipos de trabajo en la obra Pacasmayo que se venían realizando con la metodología de trabajo tradicional encontramos que el Trabajo Productivo TP representaba el 39.52%, el Trabajo Contributorio representaba el 42.07% y finalmente el Trabajo No contributorio generaba un total de 18.42%.
- 2 Entre las principales actividades que no generaban valor dentro del desarrollo del proyecto encontramos las esperas y viajes improductivos generadas por interferencias en los procesos como la incompatibilidad de planos, desconocimiento de nuevas tecnologías de construcción, etc. Haciendo que el proceso sea más lento y no lleguen a la producción esperada.
- 3 Habiendo aplicado las mejoras en las partidas que fueron analizadas, se cumplió el plazo pactado en el cronograma del proyecto logrando incluso tener una ganancia de 2 semanas aun habiendo empezado a implementarse las nuevas filosofías de trabajo ya iniciada la obra.
- 4 Habiendo aplicado las mejoras planteadas en cada proceso constructivo y realizando la optimización de ciertas cuadrillas siguiendo la filosofía Lean Construction se obtuvo un aumento del Trabajo Productivo TP de un 39.52% a 44.94%, la disminución notable del Trabajo No Contributorio TNC de 18.42% a 14.72% y la disminución de los Trabajos Contributorios TC de 42.07% a 40.34%.
- 5 El empleo de la filosofía Lean Construction y las herramientas que trae con si dan resultados muy alentadores en la optimización de la ejecución del Proyecto Paseo Pacasmayo siendo el punto de partida para que la empresa y por consiguiente la construcción en la ciudad de Chiclayo y departamento de Lambayeque en general analicen sus niveles de productividad constantemente y apliquen las mejoras continuas con lo que se irá desplazando los modelos tradicionales.
- 6 La herramienta de Carta balance trabajada en conjunto con la metodología Last Planner ayudó en una óptima y más real planificación de las partidas y actividades para ser mucho más eficientes y disminuir costos al Proyecto.
- 7 El presupuesto para la ejecución de la especialidad de estructuras del Block A desde el primer nivel usando la metodología tradicional sería de S/905730.04.
- 8 El presupuesto para la ejecución de la especialidad de estructuras del Block A desde el primer nivel usando la metodología Lean Construction fue S/887035.99.

- 9 La filosofía Lean Construction podrá ser aplicada también en la ejecución de Obras Públicas en la etapa de planificación, ejecución y finalización de obra, tomando en cuenta las restricciones como las partidas avanzadas con autorización del supervisor, tener todos los deductivos proyectados, tener claros los presupuestos adicionales y su tentativa, que los costos estén bien imputados (Actualización de precios, Actualización de proveedores, Incrementos de MO, Imputación de pérdidas/sobrecostos)

## **VII. Recomendaciones**

1. En la búsqueda de una mejora continua es indispensable que en el proyecto se siga implementando el uso de la herramienta cartas balance y la metodología de trabajo de la filosofía Lean, así como en los próximos proyectos de la empresa generando una mayor competitividad y obtener grandes resultados.
2. Para el uso de la herramienta de cartas balance será de gran ayuda la implementación de equipos tecnológicos como tablets, las cuales servirán para que el muestreador al momento de hacer las mediciones respectivas pueda ingresarlas al momento de visualizar las actividades evitando así remanipular la data y no volver a digitar la información debido a que es amplia.
3. Se recomienda que al ir implementando esta filosofía de trabajo se siga capacitando a los trabajadores para que el proceso de cambio tenga una rápida adaptación y se puedan conseguir mejores resultados en menor tiempo.
4. Seguir enfocándose en mejorar el sistema One Touch Handing y que la entrega de los materiales por parte de los proveedores se adapte mejor a las necesidades del proyecto.
5. Luego de haber reconocidos y aplicado la optimización en los procesos se debe hacerle un control y seguimiento constante con el porcentaje de plan completado para poder ver el nivel de cumplimiento de las partidas
6. Continuar con la implementación de Last Planner y las reuniones de planificación de obra o Pull session con los jefes de cada especialidad siempre apuntando siempre a cómo hacer mejor nuestro trabajo puesto a que todos somos parte fundamental dentro del desarrollo del proyecto y así mejorar en equipo y como equipo.
7. Se recomienda que previo a la utilización de la herramienta de cartas balance se haga una evaluación del nivel general de actividad lo cual te da un panorama amplio del estado en que se encuentra la etapa del proyecto que se viene desarrollando.

8. Se deben tener en consideración los siguientes criterios para la correcta implementación de la filosofía Lean; Conocer el contrato en su totalidad, para discernir; Si un adicional tiene un porcentaje de probabilidad de ser rechazado debe imputarse el porcentaje confiable; si el precio de materiales viene en alza constante, se deberá proyectar la tendencia de dicho costo; Proyector desde Julio de cada mes, el incremento de MO (reintegro).
9. Se recomienda para la adecuada recopilación de datos y tener los resultados de mejora en la productividad estar en obra durante toda la jornada de trabajo y hasta finalizar las fases seleccionadas en un 100% para poder tener un panorama claro de todos los procesos a mejorar.

## VIII. Referencias

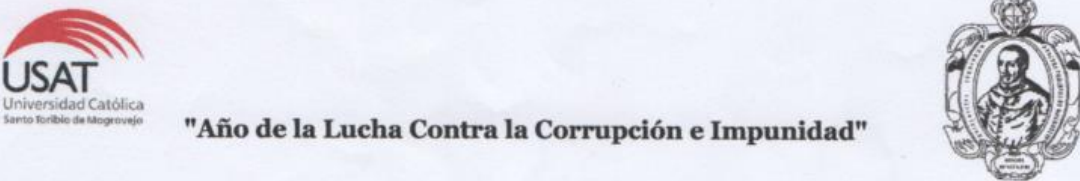
- [1] G. Virgilio. Productividad en Obras de Construcción. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2001.
- [2] M. Silva, “Un problema en la construcción es la caída de la productividad,” Diario El País 15 de enero, 2017.
- [3] J.L. Vitteri. “La productividad en Proyectos de Construcción”. Costos Perú, octubre 2016.
- [4]  
J.C. Espinoza, C.D. Aquije. “Aplicación de la filosofía Lean Construction en una Obra de Edificación”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, USMP, Lima, Perú, 2014.
- [5] A.R. Rosales. “Más de 3 mil viviendas serán ofertadas en Chiclayo”. El Comercio, 11 de octubre 2017.
- [6] CAPECO. 2017. “Región Lambayeque es una gran plaza para la industria de la construcción” Andina, 24 de abril, 2017.
- [7] M.V. Uzategui. “Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar,” Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, PUCP, 2014.
- [8] A.S. Cusihuaman y DR 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, Lima, Perú, 2014
- [9] L.B. Correa. “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, Perú, 2015.

- [10] A.T. Lostaunau, J.P. Arce, José y A.I. 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, Lima, Perú, 2014.
- [11] A. Serpell. Administración de Operaciones de Construcción: Alfaomega, 2003
- [12] A. Serpell. Análisis de operaciones mediante cartas de balance: Alfaomega, 2000.
- [13] CAPECO. Costos y Presupuestos en edificaciones. Lima: Capeco, 2003.
- [14] Centro de Excelencia en Gestión de la Producción. Lean Construction: Manual Práctico de herramientas de mejoramiento de construcción. Chile: CEPUC, 2010.
- [15] J.L. Arcila. Programación de obras con la técnica línea de balance. México, 2007.
- [16] G.A. Howell. “Seventh Conference of the International Group for Lean Construction,” University of California Berkley, California, Usa 26-28, July 1999.
- [17] G. Ballard and G.A. Howell. “Lean Project Management.” Journal of Building Research & Information, 31(2), March-April, 2003. pp. 119-133, 2003
- [18] J. F. Pons Achell y I. Rubio Pérez, Lean Construction y la Planificación Colaborativa, Metodología del Last Planner System, 2019.

## IX. Anexos

ANEXO N°01: DOCUMENTOS

## N°1.1: Carta de solicitud



**"Año de la Lucha Contra la Corrupción e Impunidad"**

Chiclayo, Mayo del 2019

**Atención**

**Ing. Mg. RODOLFO DAVILA UGAZ**  
Gerente general  
Ingeniería Civil Montajes S.A.

**ASUNTO:** Solicito acceso a información del expediente técnico del Proyecto "Paseo Pacasmayo" así como también visitas de campo a dicho proyecto para la realización del proyecto de tesis que a continuación se detalla.

**REFERENCIA:** Proyecto de tesis:


De mi especial consideración.


Es grato dirigirme a su despacho para saludarlo y a la vez manifestarle lo siguiente:

Yo David Rolando Arbulú Dávila, identificado con DNI 70987026 que en calidad de estudiante del VIII ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de la ciudad de Chiclayo, he decidido desarrollar un proyecto de tesis denominado "APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CARTAS BALANCE BAJO UN ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA DE LA EDIFICACION PASEO PACASMAYO EN LA PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE", motivo por el cual solicito acceso a información del expediente técnico del Proyecto "Paseo Pacasmayo" ubicado en la Urb. Las delicias en la ciudad de Chiclayo, departamento de Lambayeque, así como también visitas de campo a dicho proyecto para la realización del proyecto de tesis.

Por lo expuesto, pido a usted acceder a mi petición antes mencionado

Atentamente

  
ARBULÚ DÁVILA DAVID ROLANDO  
DNI N° 70987026




**ICM**  
Instituto Registral y Catastral  
Profesores Especiales

HORA: 9:32 a.m

FECHA: 20/05/2019

FIRMA: *David Rolando Arbulú Dávila*

## N° 1.2: Carta de aceptación

  
INGENIERIA CIVIL MONTAJES S.A.  
Proyectos Especiales

**"Año de la Lucha Contra la Corrupción e Impunidad"**

Chiclayo, Mayo del 2019



**Atención**

**Ing. ANIBAL DIAZ ORREGO**  
Director de la escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y al mismo tiempo hacer de conocimiento que el proyecto que viene siendo realizado por el estudiante David Rolando Arbulú Dávila, de la Escuela profesional de Ingeniería Civil Ambiental, de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, a nivel de proyecto de tesis denominado "APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CARTAS BALANCE BAJO UN ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA DE LA EDIFICACION PASEO PACASMAYO EN LA PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE", será aplicado en el desarrollo nuestro Proyecto Edificio Residencial Paseo Pacasmayo .


Celebrando la participación de sus alumnos en proyectos de este tipo con visión a una mejora en la construcción, me despido.

Atentamente

  
INGENIERIA CIVIL MONTAJES S.A.  
Proyectos Especiales  
  
Mgtr. Ing. Rodolfo G. Dávila Ugaz  
REPRESENTANTE LEGAL

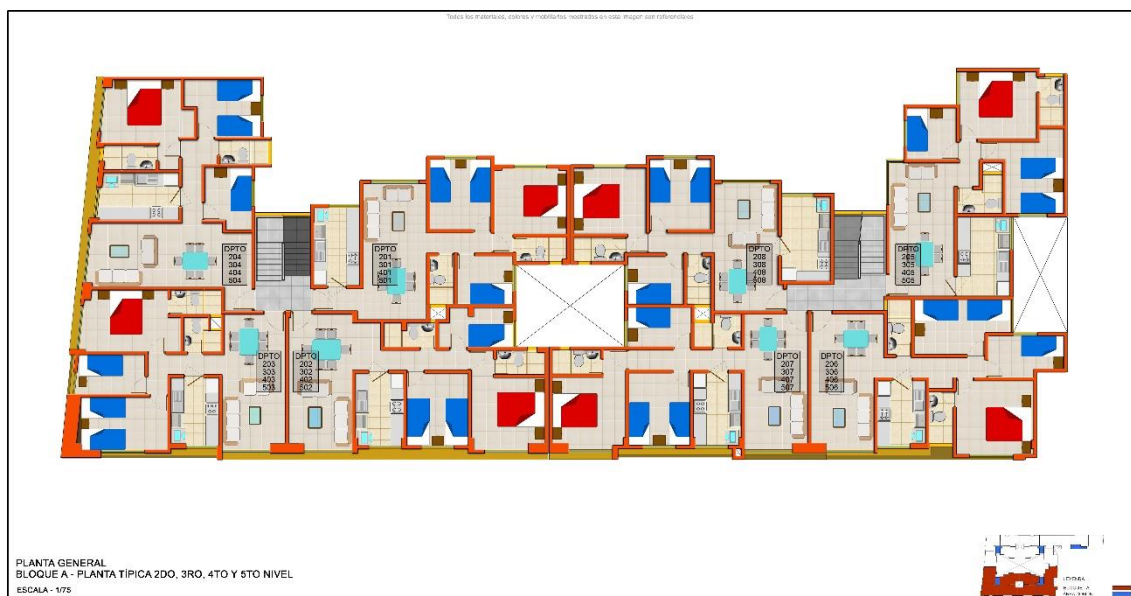
Av. Salaverry 650 Piso 10  
Telefax (51-74) 27-3392  
Of.Comercial M. M. Izaga 740 - 101  
Teléfono (51-74) 43-5388  
Chiclayo - Perú  
www.icm.pe

INGENIERIA CIVIL MONTAJES S.A. - Proyectos Especiales



ANEXO N°02: Planos

N°2.1: Planos de Arquitectura



**Plano de Block A de la edificación Paseo Pacasmayo Planta típica**

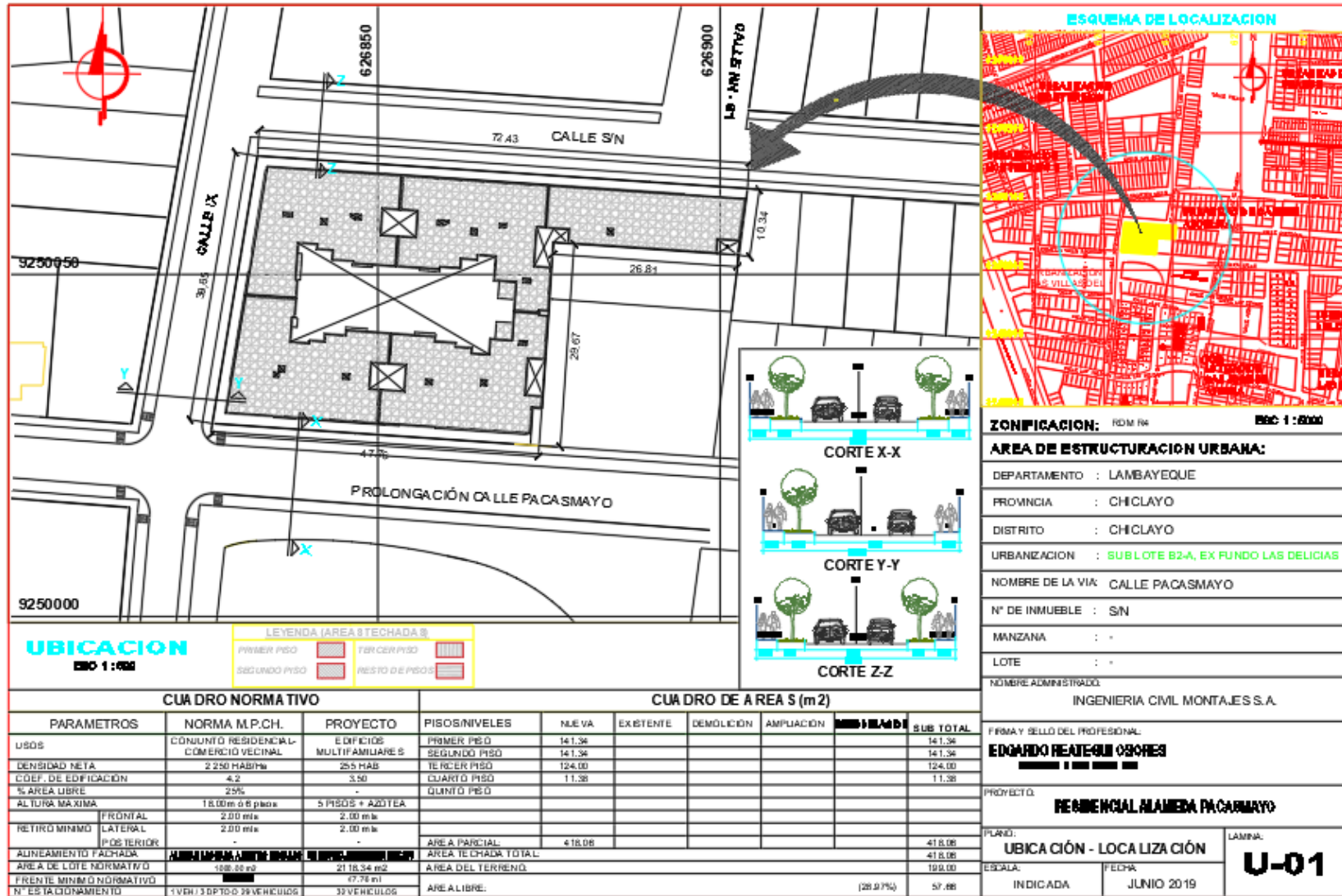
**Fuente: ICM**



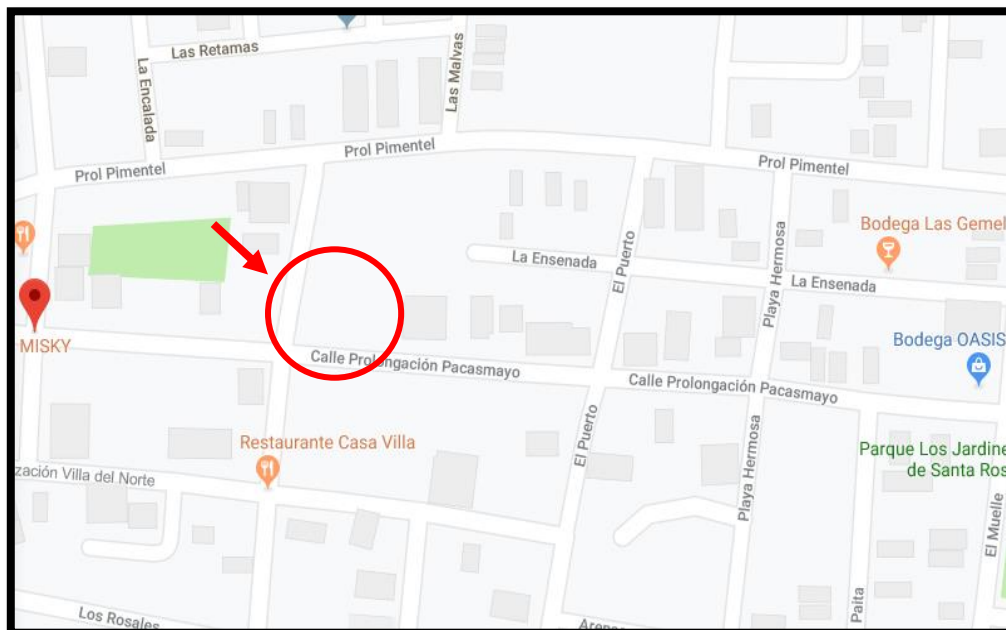
**Plano de Block A de la edificación Paseo Pacasmayo Primer nivel**

**Fuente: ICM**

Nº2.2: Plano de Ubicación (Fuente: ICM)

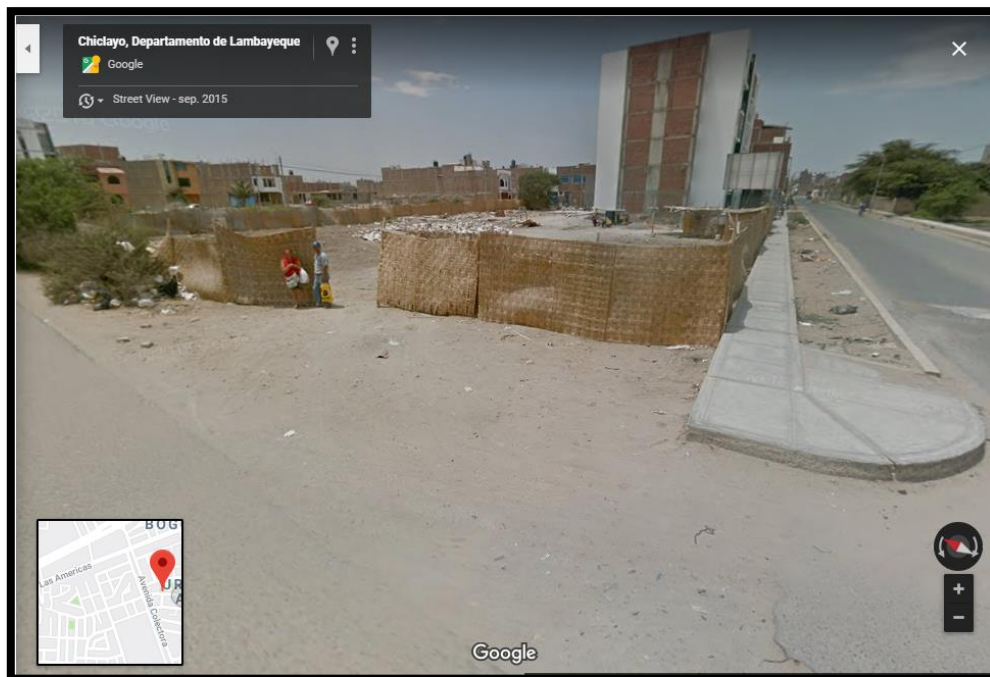


## N°2.3: Localización



**Mapa de ubicación del Proyecto Edificación Residencial Paseo Pacasmayo**

*Fuente: Google Maps*



**Imagen de Ubicación del terreno para el desarrollo del Proyecto Edificación Residencial Paseo Pacasmayo**

*Fuente: Google Maps*



**Reconocimiento del terreno Fuente:** *Elaboración Propia*

ANEXO N°03: Diseño 3D



**Modelo 3D Fachada**

**Fuente:** *ICM*



**Modelo 3D Fachada Block A**

**Fuente: *ICM***

ANEXO N°04: Foto en Obra con Programación Macro



ANEXO N°05: Foto en Obra de Pull Session con jefes de grupo

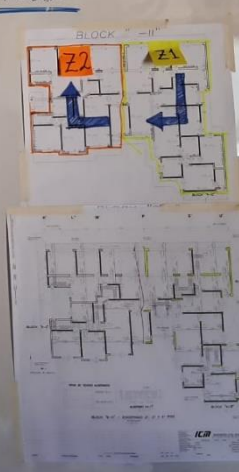


ANEXO N°06: Foto en Obra de programación semanal

"LIMPIEZA"

BLOCK	UND	METRADOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
ENCOFRADO DE LOSA Y VIGAS N°1	M2	263	I	IV				
COLOCACION DE LABRILLO DE TECHO N°1	UND	1717	I	IV				
HABILITACION DE ALERO - LOSA Y VIGAS	M3	1334	I	IV				
INSTALACIONES ELECTRICAS			I	IV				
INSTALACIONES SANITARIAS			I	IV				
VACIADO LOSA Y VIGAS N°1	M3	28.01	I	IV				
ASENTADO LABRILLO KK TIPO II N°2	UND	6858						
ENCOFRADO COLUMNAS Y MURD.C. N°2	M2	389						
VACIADO COLUMNAS Y MURD.C. N°2	M3	30.63						
<b>BLOCK</b>								
ENCOFRADO SOBRECIMIENTO			I					
VACIADO SOBRECIMIENTO	M3		I	I				
RELLENO Y COMPACTADO ARENA FINA	M3	392.71						
INSTALACIONES SANITARIAS								
INSTALACIONES ELECTRICAS			I					
VACIADO FALSO PISO	M2	285.25		I				
ASENTADO DE LABRILLO KK TIPO V N°1								
<b>Δ=IZHMADO</b>				IV				

8 x 6 x 5



BLOCK AII	UND	METRADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
ENCOFRADO DE LOSA Y VIGAS N°1	M2	263	I	IV				
COLOCACION DE LABRILLO DE TECHO N°1	UND	1717	I	IV				
HABILITACION DE ALERO - LOSA Y VIGAS	M3	1334	I	IV				
INSTALACIONES ELECTRICAS			I	IV				
INSTALACIONES SANITARIAS			I	IV				
VACIADO LOSA Y VIGAS N°1	M3	28.01	I	IV				
ASENTADO LABRILLO KK TIPO II N°2	UND	6858						
ENCOFRADO COLUMNAS Y MURD.C. N°2	M2	389						
VACIADO COLUMNAS Y MURD.C. N°2	M3	30.63						
<b>BLOCK AI</b>								
ENCOFRADO SOBRECIMIENTO			I					
VACIADO SOBRECIMIENTO	M3		I	I				
RELLENO Y COMPACTADO ARENA FINA	M3	392.71						
INSTALACIONES SANITARIAS								
INSTALACIONES ELECTRICAS			I					
VACIADO FALSO PISO	M2	285.25		I				
ASENTADO DE LABRILLO KK TIPO V N°1								
<b>Δ=IZHMADO</b>				IV				



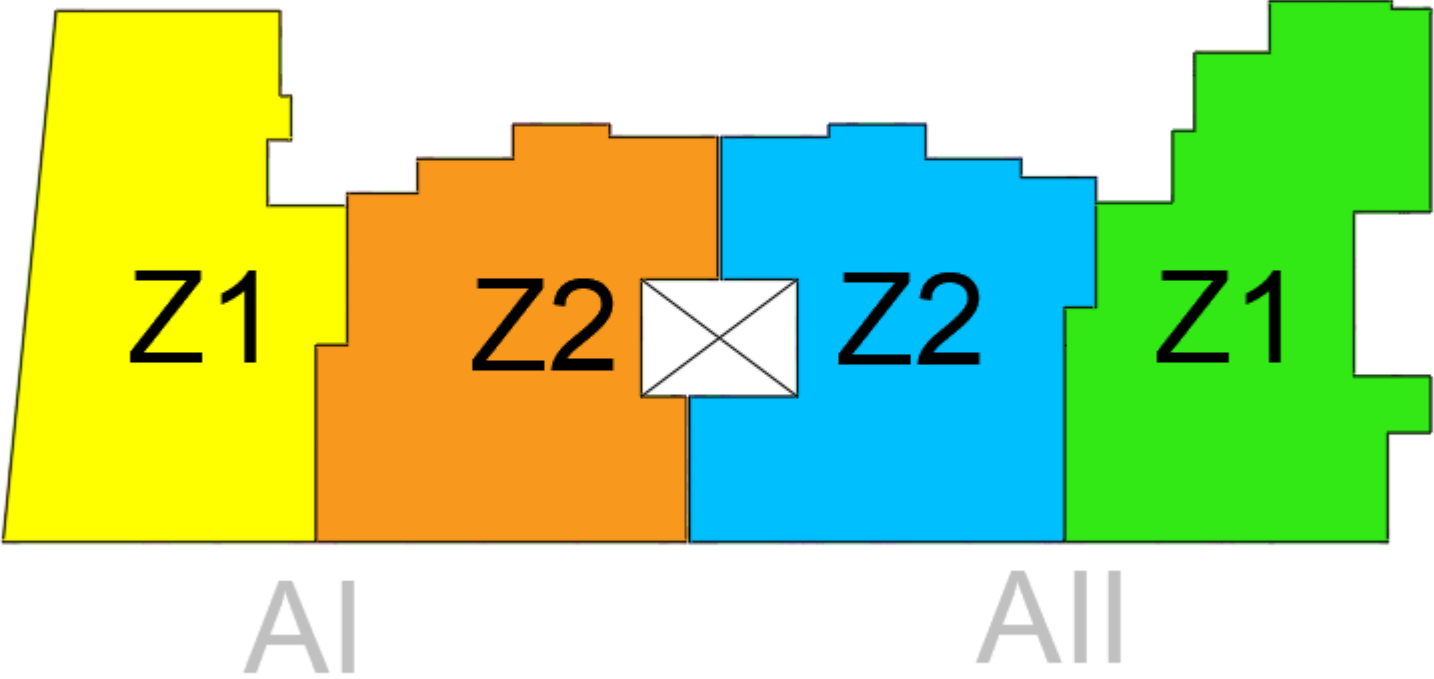
ANEXO N°09: Vista interior de Block A especialidad estructuras finalizada



ANEXO N°10: Vista de Fachada terminada de Block A especialidad estructuras

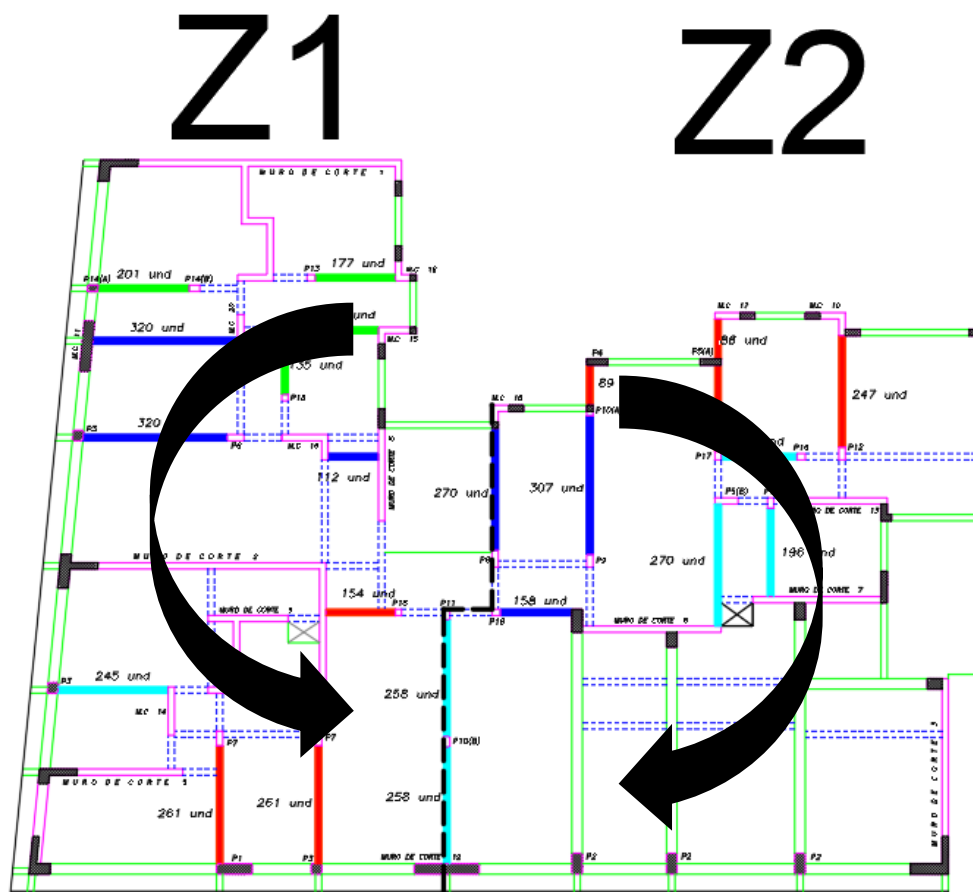


ANEXO N°11: Plano de Sectorización de Block AI y AII por zonas



ANEXO N°11: Plano de Sectorización de Block AI por zonas- para la distribución de mano de obra

CONCRETO 2°-5° NIVEL			ENCOF.
MUROS	m3	f'c	m2
M.C. 1	4.26	210	56.39
M.C. 2	2.00	210	27.41
M.C. 3	2.46	210	33.57
M.C. 4	1.56	175	21.49
M.C. 5	1.63	210	20.04
M.C. 6	0.89	210	18.35
M.C. 7	1.23	210	11.02
M.C. 8	1.21	210	10.87
M.C. 9	0.57	210	13.77
M.C. 10	0.89	210	12.15
M.C. 11	0.74	210	10.07
M.C. 12	0.87	175	12.52
M.C. 13	0.34	175	5.24
M.C. 14	0.66	175	9.94
M.C. 15	0.74	175	1.80
M.C. 16	0.56	175	8.35
M.C. 17	0.56	175	8.35
M.C. 18	0.43	175	6.51
M.C. 19	0.31	175	4.91
M.C. 20	0.27	175	4.42

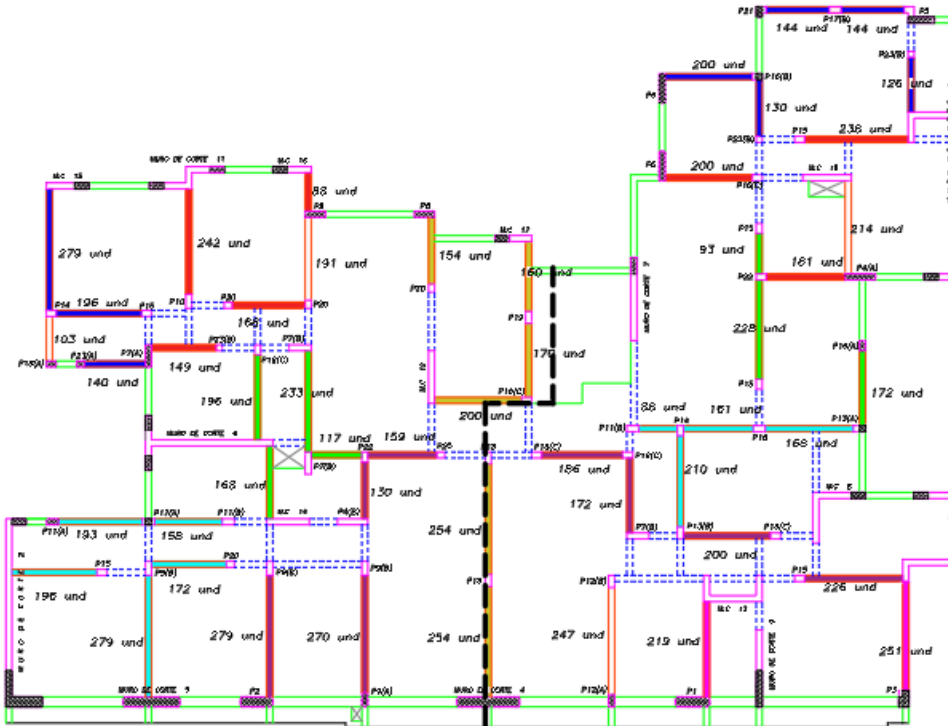


CONCRETO 2°-5° NIVEL				ENCOF.
COLUMNAS	CANT.	m3	f'c	m2
P1	01	0.51	210	4.99
P1'	01	0.54	210	5.26
P2	03	0.91	210	4.83
P3	04	0.30	210	3.32
P4	01	0.34	210	5.104
P5	01	0.72	210	5.24
P6	02	0.18	210	4.07
P7	01	0.27	210	4.03
P8	01	0.18	210	3.07
P8'	02	0.40	210	0
P9	01	0.12	175	2.10
P10	02	0.21	175	2.10
P11	01	0.24	175	1.31
P11'	01	0.14	175	2.10
P12	01	0.21	175	1.31
P13	01	0.35	175	1.62
P14	01	0.35	175	1.38
P15	01	0.49	175	1.14
P16	02	0.21	175	1.86
P17	01	0.31	175	1.38
P18	02	0.42	175	5.72

ANEXO N°12: Plano de Sectorización de Block AII por zonas- para la distribución de mano de obra

CONCRETO 2°-5° NIVEL		ENCOF.	
MUROS	m3	f'c	m2
M.C. 1	3.38	210	45.67
M.C. 2	2.00	210	27.41
M.C. 3	2.33	210	30.27
M.C. 4	2.46	210	33.57
M.C. 5	2.14	210	18.35
M.C. 6	1.57	210	13.77
M.C. 7	1.21	210	10.87
M.C. 8	1.36	210	12.08
M.C. 9	0.87	175	12.32
M.C. 10	0.82	175	11.59
M.C. 11	0.74	175	10.63
M.C. 12	0.68	175	9.78
M.C. 13	0.40	175	6.02
M.C. 14	0.56	175	8.21
M.C. 15	0.47	175	7.00
M.C. 16	0.43	175	6.52
M.C. 17	0.38	175	5.80
M.C. 18	0.31	175	4.83
M.C. 19	0.74	175	10.63
M.C. 20	0.30	175	4.71

Z2 Z1



CONCRETO 2°-5° NIVEL			ENCOF.	
COLUMNAS	CANT.	m3	f'c	m2
P1	01	0.51	210	4.39
P1'	00	0.00	210	0.00
P2	03	0.453	210	4.52
P3	04	0.243	210	2.83
P4	01	0.27	210	3.72
P5	01	0.36	210	5.24
P6	02	0.26	210	3.92
P7	01	0.20	210	3.07
P8	01	0.18	210	3.31
P8'	00	0.00	210	0.00
P9	01	0.13	175	2.10
P10	02	0.11	175	1.55
P11	02	0.13	175	2.10
P11'	00	0.00	175	0.00
P12	01	0.091	175	1.62
P13	02	0.091	175	1.62
P14	03	0.001	175	1.62
P15	05	0.073	175	1.38
P16	05	0.073	175	1.38
P17	06	0.054	175	1.14
P18	02	0.091	175	1.62
P19	01	0.11	175	1.55
P20	01	0.11	175	1.23

ANEXO N°13: Espina de Ishikawa general de la falta de productividad en obra:

