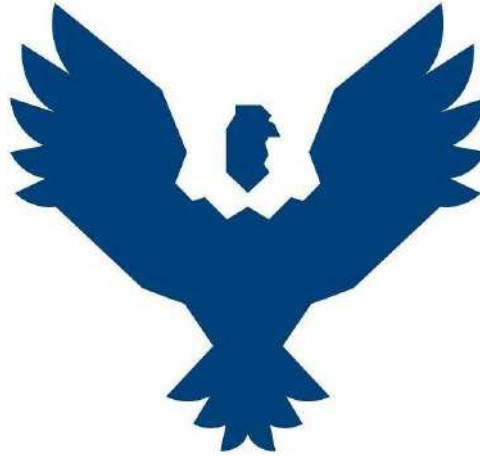




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS:

“Análisis de la implementación Lean Construction y simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco - 2019”

Presentado por:

Balladares Estrada Anthony

Ojeda Díaz Jhoel Nicanor

Para Optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor: Ing. Hugo Cana Paullo

CUSCO - PERU

2022



DEDICATORIA

A mi angelito Joan por enseñarme el amor más puro del mundo, por regalarme los momentos más felices de mi vida y por cuidarme desde el cielo.

A mi pareja de vida Joselyn por brindarme su amor incondicional, sus consejos y por acompañarme en los momentos más difíciles.

A mi padre Epifanio y a mi madre Gladis, por todas sus enseñanzas impartidas, por su apoyo incondicional en todo momento, por brindarme las todas herramientas para convertirme en un profesional de bien y por su incansable esfuerzo por verme feliz.

Atte: Anthony Balladares Estrada

A mis padres Nicanor y Olimpia, por todo el esfuerzo que hicieron para convertirme en un gran profesional, gracias por su apoyo incondicional y todo su esfuerzo, a mi hermano Ronald por su apoyo y cariño, a mi hermana Fiorella por todo su cariño, a mi primo Edson por los consejos, palabras y cariño que siempre me dio que desde el cielo me ve crecer profesional y empresarialmente, a mi primo Jhoel por sus palabras y cariño, a todos ellos les dedico este trabajo y les doy mis más sincera gratitud.

Atte: Jhoel Nicanor Ojeda Diaz



AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor Ing. Hugo Cana Paullo, por brindarnos su tiempo y conocimientos para la elaboración de la tesis, gracias a su compromiso y apoyo logramos culminar la tesis.

A la empresa PUMA ASOCIADOS S.C.R.L, por darnos la oportunidad de realizar la tesis en la ejecución de la obra y darnos las facilidades para el cumplimiento de la planificación a través del personal y maquinaria utilizada.

Al Ing. Claudio Puma Huañec residente de obra, el cual siempre nos apoyó para la realización de las reuniones semanales y su aporte en sus conocimientos y alcance de la documentación sobre la planificación y ejecución de la obra.

Al Ing. Enrique Nuñez del Prado Coll e Ing. Marco Antonio Silva Palomino dictaminantes de nuestra tesis de investigación, los cuales nos apoyaron mediante sus recomendaciones y observaciones así reforzamos la presentación de tesis final.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene el objetivo de analizar el impacto que tiene el llevar a cabo una implementación de la metodología Lean Construction y simulación 4D en la programación y ejecución de las partidas de estructuras de la obra Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas-Cusco. La investigación posee la siguiente metodología: enfoque cuantitativo, nivel descriptivo correlacional, método hipotético – deductivo y un diseño no experimental.

Para llevar a cabo la implementación, inicialmente fue necesario imbuir, mediante exposiciones y dinámicas, al personal técnico acerca de la metodología a emplear y de sus respectivas herramientas. Subsecuentemente hecho un análisis del proceso constructivo de las partidas de estructuras contempladas en la ruta crítica, en la etapa de planificación, se empleó el Last Planner System cuyo primer paso fue realizar el Plan Maestro para determinar los hitos del proyecto, la sectorización del módulo a intervenir, el tren de actividades de acuerdo a la secuencia de actividades a ejecutar, generación del cronograma Lean aprobado, la identificación de restricciones y el modelado 3D para su posterior Simulación 4D. En la etapa de ejecución se realizó el análisis y liberación de restricciones semanales teniendo los indicadores del PPC y las CI para determinar la confiabilidad del cronograma Lean aprobado, se realizaron las lecturas de carta balance para la obtención del TP, TC y TNC, en las actividades vaciado de concreto en verticales y vaciado de concreto en losas aligeradas, finalmente se realizó una encuesta al personal técnico para determinar su grado de percepción frente a la Simulación 4D.

La implementación de la metodología Lean Construction y Simulación 4D, permitió que la ejecución de las partidas de estructuras se realice dentro del cronograma Lean Aprobado, además de ello nos demostró que, aunque no se logró obtener un PPC óptimo, se logró tener un PPC por encima del estándar; respecto a la productividad obtenida mediante cartas balance, el porcentaje de trabajo productivo no fue el esperado, sin embargo, se logró reducir la cantidad de TNC; en cuanto al grado de percepción obtenido, éste nos indicó que el personal técnico del proyecto considera que la implementación de la simulación 4D ayuda en alto grado en la ejecución de las partidas de estructuras.

Palabras clave: Lean Construction, Simulación 4D, Cronograma Lean Aprobado, Last Planner, Plan Maestro, Sectorización, Trenes de Trabajo, Look-ahead, Productividad, PPC, CI, Cartas Balance, TP, TC, TNC, Grado de Percepción, Estructuras y Ruta Crítica.



ABSTRACT

The objective of this research work is to analyze the impact of carrying out an implementation of the Lean Construction methodology and 4D simulation in the programming and execution of the structural items of the work Improvement of Educational Services of the I.E.S. Daniel Estrada Pérez in the district of Santo Tomás, Chumbivilcas-Cusco. The research has the following methodology: quantitative approach, correlational descriptive level, hypothetical-deductive method and a non-experimental design.

To carry out the implementation, it was initially necessary to imbue, through presentations and dynamics, the technical staff about the methodology to be used and their respective tools. Subsequently, an analysis was made of the construction process of the items of structures contemplated in the critical route, in the planning stage, the Last Planner System was used, whose first step was to carry out the Master Plan to determine the milestones of the project, the sectorization of the module to intervene, the train of activities according to the sequence of activities to be executed, generation of the approved Lean schedule, identification of restrictions and 3D modeling for subsequent 4D Simulation. In the execution stage, the analysis and release of weekly restrictions was carried out, having the PPC and CI indicators to determine the reliability of the approved Lean schedule, the balance chart readings were carried out to obtain the TP, TC and TNC, in the vertical concrete pouring and lightened concrete pouring activities, finally a survey was carried out on the technical personnel to determine their degree of perception regarding the 4D Simulation.

The implementation of the Lean Construction and 4D Simulation methodology, allowed the execution of the structural items to be carried out within the Lean Approved schedule, in addition to this, it showed us that, although it was not possible to obtain an optimal PPC, it was possible to have a PPC for above standard; Regarding the productivity obtained through balance letters, the percentage of productive work was not as expected, however, the amount of TNC was reduced; Regarding the degree of perception obtained, it indicated that the technical staff of the project considers that the implementation of the 4D simulation helps to a high degree in the execution of the structural items.

Keywords: Lean Construction, 4D Simulation, Approved Lean Schedule, Last Planner, Master Plan, Sectorization, Work Trains, Look-ahead, Productivity, PPC, CI, Balance Charts, TP, TC, TNC, Perception Degree, Structures and Critical Path.



INTRODUCCION

El sector de la construcción está en constante crecimiento, gracias a las nuevas metodologías emergentes, apoyando en la ejecución de los proyectos de construcción, aportando las diferentes herramientas tecnológicas y procedimientos para complementar los procesos que se vienen desarrollando de manera tradicional.

La utilización de la metodología Lean Construction no son usuales en la región del cusco, de la misma forma la simulación del proceso constructivos a través de la simulación 4D, son poco utilizados y conocidos, por lo que es importante la implementación en proyectos pilotos, para estudiar los beneficios de su implementación y realizar un proceso de aprendizaje y mejora continua a través de las lecciones aprendidas que se pueden generar a lo largo de su implementación.

Es por eso que el análisis de la implementación Lean Construction acompañada de los procesos de simulación 4D, son importantes para generar un antecedente dentro de nuestra región, ya que presentan procesos de planificación para la ejecución de los proyectos complementarios a los procesos tradicionales.

En los siguientes capítulos de la presente tesis desarrollaremos los aspectos pertinentes al análisis de la implementación del Lean Construction y simulación 4D en ejecución de las partidas de estructuras de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco – 2019.

Capitulo I.- En el primer capítulo, desarrollaremos el planteamiento del problema de investigación el cual comprende la identificación y descripción del problema, justificación e importancia de la investigación, limitaciones de la investigación y objetivos de la investigación.

Capitulo II.- En el segundo capítulo, desarrollaremos los aspectos pertinentes al marco teórico, el cual comprende los antecedentes de la tesis o investigación actual, aspectos teóricos pertinentes, hipótesis de la investigación y la definición de variables.

Capitulo III.- En el tercer capítulo, desarrollaremos la metodología, el cual comprende la metodología de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, instrumentos, procedimiento de recolección de datos y el procedimiento de análisis de datos.

Capitulo IV.- En el cuarto capítulo, desarrollaremos los resultados de la investigación.



Capitulo V.- En el quinto capítulo, desarrollaremos la discusión de nuestra investigación.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCION.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xx
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	1
1.1 Identificación del Problema.....	1
1.1.1 Descripción del Problema.....	1
1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema.....	2
1.2 Justificación e Importancia de la Investigación.....	3
1.2.1 Justificación Técnica	3
1.2.2 Justificación Social.....	3
1.2.3 Justificación por Viabilidad.....	4
1.2.4 Justificación por Relevancia.....	4
1.3 Limitaciones de la Investigación	5
1.4 Objetivos de la Investigación.....	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivo Específicos.....	6
Capítulo II: Marco Teórico de la Tesis	6
2.1 Antecedentes de la Tesis.....	6
2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional	6
2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional.....	9
2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes	11
2.2.1 Historia del Lean Construction.....	11



2.2.2	Lean Production.....	13
2.2.3	Lean Construction	13
2.2.4	Pensamientos clave.....	14
2.2.5	Last Planner System	22
2.2.6	Planificación Maestra	23
2.2.7	Sectorización	24
2.2.8	Planificación por Fases.....	26
2.2.9	Tren de Actividades.....	27
2.2.10	Planificación Intermedia.....	29
2.2.11	Planificación Semanal	31
2.2.12	Carta Balance.	33
2.2.13	Simulación 4D.....	37
2.2.14	<i>Estructuras</i>	39
2.2.15	Tipos de Obras por su Ejecución Presupuestal.....	42
2.2.16	Cronograma de Ejecución de Obra.....	43
2.2.17	Cronograma Lean	44
2.2.18	Ruta Crítica.....	44
2.2.19	Plazo Contractual.....	44
2.2.20	Retrasos en Obra	44
2.2.21	Penalidades	45
2.2.22	Ley de Contrataciones del Estado	45
2.3	Hipótesis	45
2.3.1	Hipótesis General	45
2.3.2	Sub Hipótesis.....	45
2.4	Variables e Indicadores.....	46
2.4.1	Variables Independientes.....	46
2.4.2	Variables Dependientes	46



2.4.3	Cuadro de Operacionalización de Variables	47
Capítulo III: Metodología.....		48
3.1	Metodología de la Tesis	48
3.1.1	Enfoque de la Investigación	48
3.1.2	Nivel de la Investigación	48
3.1.3	Método de la Investigación.	49
3.2	Diseño de la Investigación.....	49
3.2.1	Diseño Metodológico	49
3.2.2	Diseño de Ingeniería.....	49
3.3	Población y Muestra.....	50
3.3.1	Población.....	50
3.3.2	Muestra.....	51
3.3.3	Criterios de Inclusión	54
3.4	Instrumentos	54
3.4.1	Instrumentos Metodologías o Instrumentos de Recolección de Datos.....	54
3.4.2	Instrumentos de Ingeniería	61
3.5	Procedimientos de Recolección de Datos.....	61
3.5.1	Proceso de Recolección de Datos para Determinar el Resultado del Cronograma Lean 64	
3.5.1.1	<i>Plan Maestro – Programación por Fases</i>	<i>64</i>
3.5.1.2	<i>Proceso de Recolección de Datos para la Sectorización.....</i>	<i>72</i>
3.5.1.3	<i>Proceso de Recolección de Datos para Realizar los Trenes de Trabajo</i>	<i>75</i>
3.5.1.4	<i>Proceso de Recolección de Datos para Realizar la Matriz de Restricciones</i>	<i>82</i>
3.5.2	Proceso de Recolección de Datos para Determinar el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y las Causas de Incumplimiento (CI).	84
3.5.3	Proceso de Recolección de Datos para Determinar la Productividad en el Vaciado de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	85



3.5.4	Proceso de Recolección de Datos para Determinar el Grado de Percepción de los Profesionales en el Incremento de la Productividad en la Simulación 4D.....	91
3.5.4.1	<i>Modelado 3D</i>	91
3.5.4.2	<i>Simulación 4D</i>	93
3.5.4.3	<i>Encuesta de Grado de Percepción de los Profesionales</i>	107
3.6	Procedimientos de Análisis de datos	112
3.6.1	Procedimiento de Análisis de Datos para Determinar la Ejecución Dentro del Plazo Programado del Cronograma Lean.	112
3.6.2	Procedimiento de Análisis de Datos para la Obtención del PPC y CI	120
3.6.3	Procedimiento de Análisis de Datos para la Obtención de la Productividad en Obra	137
3.6.4	Procedimiento de Análisis de Datos, Encuesta para Evaluar el % de Grado de Percepción de la Implementación 4D.....	146
	Capítulo IV: Resultados	153
4.1	Resultados de Determinar la Ejecución Dentro del Cronograma Lean	153
4.2	Resultados del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y las Causas de Incumplimiento (CI)	154
4.3	Resultados para la Obtención de la Productividad en Obra	156
4.4	Resultados del % de Grado de Percepción de los Profesionales en la Implementación 4D	159
	Capítulo V: Discusión	161
	Glosario	166
	Conclusiones	167
	Recomendaciones	170
	Referencias	173
	Anexos	177
	Apéndices	340



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tabla de Valores Optimizados para TP, TC y TNC</i>	34
Tabla 2 <i>Tabla de Valores Promedio de 50 Obras en Lima para TP, TC y TNC</i>	34
Tabla 3 <i>Tabla de Valores Promedio en Chile para TP, TC y TNC</i>	34
Tabla 4 <i>Tabla de Valores Promedio Caso Medellín para TP, TC y TNC</i>	34
Tabla 5 <i>Cuadro de Operacionalización de Variables</i>	47
Tabla 6 <i>Muestra de la investigación</i>	52
Tabla 7 <i>Formato Plan Maestro - Planificación por Fases</i>	55
Tabla 8 <i>Formato Tren de Actividades</i>	56
Tabla 9 <i>Formato Lookahead-Matriz de Restricciones</i>	57
Tabla 10 <i>Formato Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI</i>	58
Tabla 11 <i>Formato de Medición para la Productividad</i>	59
Tabla 12 <i>Formato de evaluación del % de grado de percepción de la implementación 4D</i> ..	60
Tabla 13 <i>Total de mediciones para vaciado de concreto en verticales</i>	63
Tabla 14 <i>Total de mediciones para vaciado de losas aligeradas</i>	63
Tabla 15 <i>Plan Maestro - Planificación por Fases</i>	71
Tabla 16 <i>Metrados sectorización zapatas</i>	73
Tabla 17 <i>Metrados por sectores vigas de cimentación</i>	73
Tabla 18 <i>Metrados por sectores elementos verticales</i>	74
Tabla 19 <i>Metrados por sectores Acero Total</i>	74
Tabla 20 <i>Metrado por sectores, Ladrillo Hueco de Arcilla</i>	74
Tabla 21 <i>Trenes de trabajo Semana 01 y Semana 02</i>	76
Tabla 22 <i>Trenes de trabajo Semana 03 y Semana 04</i>	77
Tabla 23 <i>Trenes de trabajo Semana 05 y Semana 06</i>	78
Tabla 24 <i>Trenes de trabajo Semana 7 y Semana 08</i>	79
Tabla 25 <i>Trenes de trabajo Semana 09 y Semana 10</i>	80
Tabla 26 <i>Trenes de trabajo Semana 11 y Semana 12</i>	81
Tabla 27 <i>Tabla Ejemplo de llenado de Matriz de Restricciones</i>	83
Tabla 28 <i>Plan Semanal – Semana 1</i>	85
Tabla 29 <i>Categorías de Trabajo para Vaciado de Concreto en Verticales</i>	86
Tabla 30 <i>Categorías de Trabajo para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas</i>	86
Tabla 31 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_NI_S1_CIA_14-10-19</i>	89
Tabla 32 <i>Carta Balance S6_Co-VLo_NI_S1_CIA_25-10-19</i>	90



Tabla 33 <i>Esquema de Trabajo para el Modelado en Revit de las Partidas Estructurales</i>	91
Tabla 34 <i>Simulación 4D – Semana 01</i>	95
Tabla 35 <i>Simulación 4D – Semana 02</i>	96
Tabla 36 <i>Simulación 4D – Semana 03</i>	97
Tabla 37 <i>Simulación 4D – Semana 04</i>	98
Tabla 38 <i>Simulación 4D – Semana 05</i>	99
Tabla 39 <i>Simulación 4D – Semana 06</i>	100
Tabla 40 <i>Simulación 4D – Semana 07</i>	101
Tabla 41 <i>Simulación 4D – Semana 08</i>	102
Tabla 42 <i>Simulación 4D – Semana 09</i>	103
Tabla 43 <i>Simulación 4D – Semana 10</i>	104
Tabla 44 <i>Simulación 4D – Semana 11</i>	105
Tabla 45 <i>Simulación 4D – Semana 12</i>	106
Tabla 46 <i>Plantilla para evaluar el grado de percepción 4D</i>	109
Tabla 47 <i>Encuesta para evaluar el % de grado de percepción en la implementación 4D</i> ...	111
Tabla 48 <i>Resultados grado de percepción</i>	112
Tabla 49 <i>Cuadro de planificación Vs Ejecución – Semana 12</i>	119
Tabla 50 <i>PPC y CI - Semana 1</i>	121
Tabla 51 <i>PPC y CI - Semana 2</i>	122
Tabla 52 <i>PPC y CI - Semana 3</i>	123
Tabla 53 <i>PPC y CI - Semana 4</i>	124
Tabla 54 <i>PPC y CI - Semana 5</i>	125
Tabla 55 <i>PPC y CI - Semana 6</i>	126
Tabla 56 <i>PPC y CI - Semana 7</i>	127
Tabla 57 <i>PPC y CI - Semana 8</i>	128
Tabla 58 <i>PPC y CI - Semana 9</i>	129
Tabla 59 <i>PPC y CI - Semana 10</i>	130
Tabla 60 <i>PPC y CI - Semana 11</i>	131
Tabla 61 <i>PPC y CI - Semana 12</i>	132
Tabla 62 <i>Descripción de CI – Parte I</i>	134
Tabla 63 <i>Descripción de CI - Parte II</i>	135
Tabla 64 <i>Cuadro Resumen de CI</i>	136
Tabla 65 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 1</i>	137
Tabla 66 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 2</i>	138



Tabla 67 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 3</i>	139
Tabla 68 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 4</i>	140
Tabla 69 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 5</i>	141
Tabla 70 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 1</i>	142
Tabla 71 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 2-3</i>	143
Tabla 72 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 4</i>	144
Tabla 73 <i>Resumen CB para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 5</i>	145
Tabla 74 <i>Escala numérica de comparación Saaty</i>	147
Tabla 75 <i>Matriz de comparación de pares, Saaty</i>	147
Tabla 76 <i>Matriz de Normalización</i>	148
Tabla 77 <i>Tabla Hallando Vector Suma Ponderado</i>	148
Tabla 78 <i>Escala numérica de análisis jerárquico encuestados</i>	149
Tabla 79 <i>Planificación VS Ejecución, semana 12</i>	153
Tabla 80 <i>Resumen Final de Carta Balance para Vaciado de Concreto en Verticales</i>	157
Tabla 81 <i>Resumen Final de Carta Balance para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas</i>	158
Tabla 82 <i>Matriz de Consistencia</i>	177
Tabla 83 <i>Cronograma Lean Aprobado – Ejecución del Módulo de Estructuras</i>	178
Tabla 84 <i>APU Concreto en Columnas $F'c=210\text{kg/cm}^2$</i>	179
Tabla 85 <i>APU Concreto en losa aligerada $F'c=210\text{kg/cm}^2$</i>	179
Tabla 86 <i>Matriz de Restricciones Semana 1</i>	184
Tabla 87 <i>Matriz de Restricciones Semana 2 Parte 1</i>	185
Tabla 88 <i>Matriz de Restricciones Semana 2 Parte 2</i>	186
Tabla 89 <i>Matriz de Restricciones Semana 3 Parte 1</i>	187
Tabla 90 <i>Matriz de Restricciones Semana 3 Parte 2</i>	188
Tabla 91 <i>Matriz de Restricciones Semana 4 Parte 1</i>	189
Tabla 92 <i>Matriz de Restricciones Semana 4 Parte 2</i>	190
Tabla 93 <i>Matriz de Restricciones Semana 5 Parte 1</i>	191
Tabla 94 <i>Matriz de Restricciones Semana 5 Parte 2</i>	192
Tabla 95 <i>Matriz de Restricciones Semana 5 Parte 3</i>	193
Tabla 96 <i>Matriz de Restricciones Semana 6 Parte 1</i>	194
Tabla 97 <i>Matriz de Restricciones Semana 6 Parte 2</i>	195
Tabla 98 <i>Matriz de Restricciones Semana 6 Parte 3</i>	196
Tabla 99 <i>Matriz de Restricciones Semana 7 Parte 1</i>	197



Tabla 100 <i>Matriz de Restricciones Semana 7 Parte 2</i>	198
Tabla 101 <i>Matriz de Restricciones Semana 7 Parte 3</i>	199
Tabla 102 <i>Matriz de Restricciones Semana 8 Parte 1</i>	200
Tabla 103 <i>Matriz de Restricciones Semana 8 Parte 2</i>	201
Tabla 104 <i>Matriz de Restricciones Semana 8 Parte 3</i>	202
Tabla 105 <i>Matriz de Restricciones Semana 9 Parte 1</i>	203
Tabla 106 <i>Matriz de Restricciones Semana 9 Parte 2</i>	204
Tabla 107 <i>Matriz de Restricciones Semana 9 Parte 3</i>	205
Tabla 108 <i>Matriz de Restricciones Semana 10 Parte 1</i>	206
Tabla 109 <i>Matriz de Restricciones Semana 10 Parte 2</i>	207
Tabla 110 <i>Matriz de Restricciones Semana 10 Parte 3</i>	208
Tabla 111 <i>Matriz de Restricciones Semana 11 Parte 1</i>	209
Tabla 112 <i>Matriz de Restricciones Semana 11 Parte 2</i>	210
Tabla 113 <i>Matriz de Restricciones Semana 11 Parte 3</i>	211
Tabla 114 <i>Matriz de Restricciones Semana 12</i>	212
Tabla 115 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S1_C1B_14-10-19</i>	213
Tabla 116 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S1_C1C_14-10-19</i>	214
Tabla 117 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S2_C1A_17-10-19</i>	215
Tabla 118 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S2_C1B_17-10-19</i>	216
Tabla 119 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S2_C1C_17-10-19</i>	217
Tabla 120 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S3_C1A_18-10-19</i>	218
Tabla 121 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S3_C1B_18-10-19</i>	219
Tabla 122 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S3_C1C_18-10-19</i>	220
Tabla 123 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S4_C1A_15-10-19</i>	221
Tabla 124 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S4_C1B_15-10-19</i>	222
Tabla 125 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S4_C1C_15-10-19</i>	223
Tabla 126 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S5_C1A_19-10-19</i>	224
Tabla 127 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S5_C1B_19-10-19</i>	225
Tabla 128 <i>Carta Balance S4_Co-Ve_N1_S5_C1C_19-10-19</i>	226
Tabla 129 <i>Carta Balance S6_Co-Ve_N2_S1_C1A_30-10-19</i>	227
Tabla 130 <i>Carta Balance S6_Co-Ve_N2_S1_C1B_30-10-19</i>	228
Tabla 131 <i>Carta Balance S6_Co-Ve_N2_S1_C1C_30-10-19</i>	229
Tabla 132 <i>Carta Balance S6_Co-Ve_N2_S4_C1A_31-10-19</i>	230
Tabla 133 <i>Carta Balance S6_Co-Ve_N2_S4_C1B_31-10-19</i>	231



Tabla 134 Carta Balance S6_Co-Ve_N2_S4_C1C_31-10-19.....	232
Tabla 135 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S2_C1A_05-11-19.....	233
Tabla 136 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S2_C1B_05-11-19.....	234
Tabla 137 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S2_C1C_05-11-19.....	235
Tabla 138 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S3_C1A_06-11-19.....	236
Tabla 139 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S3_C1B_06-11-19.....	237
Tabla 140 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S3_C1C_06-11-19.....	238
Tabla 141 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S5_C1A_07-11-19.....	239
Tabla 142 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S5_C1B_07-11-19.....	240
Tabla 143 Carta Balance S7_Co-Ve_N2_S5_C1C_07-11-19.....	241
Tabla 144 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S1_C1A_18-11-19.....	242
Tabla 145 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S1_C1B_18-11-19.....	243
Tabla 146 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S1_C1C_18-11-19.....	244
Tabla 147 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S2_C1A_21-11-19.....	245
Tabla 148 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S2_C1B_21-11-19.....	246
Tabla 149 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S2_C1C_21-11-19.....	247
Tabla 150 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S3_C1A_22-11-19.....	248
Tabla 151 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S3_CBC_22-11-19.....	249
Tabla 152 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S3_C1C_22-11-19.....	250
Tabla 153 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S4_C1A_19-11-19.....	251
Tabla 154 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S4_C1B_19-11-19.....	252
Tabla 155 Carta Balance S9_Co-Ve_N3_S4_C1C_19-11-19.....	253
Tabla 156 Carta Balance S10_Co-Ve_N3_S5_C1A_25-11-19.....	254
Tabla 157 Carta Balance S10_Co-Ve_N3_S5_C1B_25-11-19.....	255
Tabla 158 Carta Balance S10_Co-Ve_N3_S5_C1C_25-11-19.....	256
Tabla 159 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S1_C1B_25-10-19.....	257
Tabla 160 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S1_C1C_25-10-19.....	258
Tabla 161 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S2-S3_C1A_30-10-19.....	259
Tabla 162 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S2-S3_C1B_30-10-19.....	260
Tabla 163 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S2-S3_C1C_30-10-19.....	261
Tabla 164 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S4_C1A_28-10-19.....	262
Tabla 165 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S4_C1B_28-10-19.....	263
Tabla 166 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S4_C1C_28-10-19.....	264
Tabla 167 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S5_C1A_31-10-19.....	265



Tabla 168 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S5_C1B_31-10-19	266
Tabla 169 Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S5_C1C_31-10-19	267
Tabla 170 Carta Balance S8_Co-VLo_N2_S1_C1A_14-11-19	268
Tabla 171 Carta Balance S8_Co-VLo_N2_S1_C1B_14-11-19	269
Tabla 172 Carta Balance S8_Co-VLo_N2_S1_C1C_14-11-19	270
Tabla 173 Carta Balance S8_Co-VLo_N2_S4_C1A_15-11-19	271
Tabla 174 Carta Balance S8_Co-VLo_N2_S4_C1B_15-11-19	272
Tabla 175 Carta Balance S8_Co-VLo_N2_S4_C1C_15-11-19	273
Tabla 176 Carta Balance S9_Co-VLo_N2_S2-S3_C1A_18-11-19	274
Tabla 177 Carta Balance S9_Co-VLo_N2_S2-S3_C1B_18-11-19	275
Tabla 178 Carta Balance S9_Co-VLo_N2_S2-S3_C1C_18-11-19	276
Tabla 179 Carta Balance S9_Co-VLo_N2_S5_C1A_19-11-19	277
Tabla 180 Carta Balance S9_Co-VLo_N2_S5_C1B_19-11-19	278
Tabla 181 Carta Balance S9_Co-VLo_N2_S5_C1C_19-11-19	279
Tabla 182 Carta Balance S10_Co-VLoHo_N3_S1_C1A_28-11-19	280
Tabla 183 Carta Balance S10_Co-VLoHo_N3_S1_C1B_28-11-19	281
Tabla 184 Carta Balance S10_Co-VLoHo_N3_S4_C1A_29-11-19	282
Tabla 185 Carta Balance S10_Co-VLoHo_N3_S4_C1B_29-11-19	283
Tabla 186 Carta Balance S11_Co-VLoHo_N3_S2-S3_C1A_02-12-19	284
Tabla 187 Carta Balance S11_Co-VLoHo_N3_S2-S3_C1B_02-12-19	285
Tabla 188 Carta Balance S11_Co-VLoHo_N3_S5_C1A_03-12-19	286
Tabla 189 Carta Balance S11_Co-VLoHo_N3_S5_C1B_03-12-19	287
Tabla 190 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S1_C1A_10-12-19	288
Tabla 191 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S1_C1B_10-12-19	289
Tabla 192 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S1_C1C_10-12-19	290
Tabla 193 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S2-S3_C1A_15-12-19	291
Tabla 194 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S2-S3_C1B_15-12-19	292
Tabla 195 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S2-S3_C1C_15-12-19	293
Tabla 196 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S4_C1A_11-12-19	294
Tabla 197 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S4_C1B_11-12-19	295
Tabla 198 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S4_C1C_11-12-19	296
Tabla 199 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S5_C1A_14-12-19	297
Tabla 200 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S5_C1B_14-12-19	298
Tabla 201 Carta Balance S12_Co-VLoIn_N3_S5_C1C_14-12-19	299



Tabla 202 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 1 - Nivel 1</i>	300
Tabla 203 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 1 - Nivel 2</i>	301
Tabla 204 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 1 - Nivel 3</i>	302
Tabla 205 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 2 - Nivel 1</i>	303
Tabla 206 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 2 - Nivel 2</i>	304
Tabla 207 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 2 - Nivel 3</i>	305
Tabla 208 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 3 - Nivel 1</i>	306
Tabla 209 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 3 - Nivel 2</i>	307
Tabla 210 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 3 - Nivel 3</i>	308
Tabla 211 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 4 - Nivel 1</i>	309
Tabla 212 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 4 - Nivel 2</i>	310
Tabla 213 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 4 – Nivel 3</i>	311
Tabla 214 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 5 - Nivel 1</i>	312
Tabla 215 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 5 - Nivel 2</i>	313
Tabla 216 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 5 - Nivel 3</i>	314
Tabla 217 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 1 - Nivel 1</i>	315
Tabla 218 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 1 - Nivel 2</i>	316
Tabla 219 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 1 - Nivel 3</i>	317
Tabla 220 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 1 - Techo</i>	318
Tabla 221 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 2-3 - Nivel 1</i>	319
Tabla 222 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 2-3 - Nivel 2</i>	320
Tabla 223 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 2-3 - Nivel 3</i>	321
Tabla 224 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 2-3 - Techo</i>	322
Tabla 225 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 4 - Nivel 1</i>	323
Tabla 226 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 4 - Nivel 2</i>	324



Tabla 227 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 4 - Nivel 3</i>	325
Tabla 228 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 4 - Techo</i>	326
Tabla 229 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 5 - Nivel 1</i>	327
Tabla 230 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 5 - Nivel 2</i>	328
Tabla 231 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 5 - Nivel 3</i>	329
Tabla 232 <i>Resumen C.B. para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 5 – Techo</i>	330
Tabla 233 <i>Encuesta Ing. Jose Luis Meza Galiano</i>	331
Tabla 234 <i>Encuesta Ing. Nilton Gamarra</i>	332
Tabla 235 <i>Encuesta Ing. Ana Lima Carpio</i>	333
Tabla 236 <i>Encuesta Ing. Marleny</i>	334
Tabla 237 <i>Encuesta Topógrafo Fredy</i>	335



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Reporte de obras paralizadas 2019 - CGR</i>	1
Figura 2 <i>Tres de los Libros que Contribuyeron a la Difusión y Conocimiento de la Filosofía Lean y TPS</i>	12
Figura 3 <i>Triángulo de Talentos Lean Construction Institute</i>	14
Figura 4 <i>Los 5 Pensamientos Clave</i>	14
Figura 5 <i>Desperdicios según Ohno Representado por las 3Mus</i>	15
Figura 6 <i>Implicancia del Buffer en la Variación</i>	17
Figura 7 <i>Ejemplo de Sobrecarga en la Producción</i>	18
Figura 8 <i>Ejemplo de Nivelación de Esfuerzos</i>	19
Figura 9 <i>Ciclo de Deming o Plan-Do-Check-Act</i>	20
Figura 10 <i>Etapas de la Física de Producción</i>	21
Figura 11 <i>Primera Etapa, Asegurar que los Flujos no Paren</i>	21
Figura 12 <i>Segunda Etapa, los Flujos no Paran y son Eficientes</i>	22
Figura 13 <i>Tercera Etapa, los Flujos y Procesos Eficientes</i>	22
Figura 14 <i>Proceso de Sectorización</i>	25
Figura 15 <i>Ejemplo de la Planificación por Fases de una Vivienda Multifamiliar</i>	26
Figura 16 <i>Ejemplo de Planificación Pull de una Fase</i>	27
Figura 17 <i>Flujograma de la Elaboración de Trenes de Actividades</i>	28
Figura 18 <i>Ejemplo de un Tren de Actividades</i>	28
Figura 19 <i>Ejemplo de la Planificación Intermedia</i>	29
Figura 20 <i>Son las 7 Restricciones Principales para que los Flujos no Paren</i>	30
Figura 21 <i>Áreas Donde Podemos Identificar Restricciones Agrupadas las 7 Restricciones</i> .	30
Figura 22 <i>Registro de Restricciones de acuerdo al Lean Construction Institute Perú</i>	31
Figura 23 <i>Ejemplo de Planificación Semanal y Porcentaje de Plan Cumplido</i>	32
Figura 24 <i>Ejemplo del Indicador PPC</i>	33
Figura 25 <i>Curva de Aprendizaje: El Tiempo por Unidad</i>	36
Figura 26 <i>Curva de Aprendizaje: Producto por periodo</i>	37
Figura 27 <i>Ejemplo de Simulación 4D Mediante Software Naviswork</i>	37
Figura 28 <i>Diseño de Ingeniería</i>	50
Figura 29 <i>Módulo 1: Distribución de Sectores y Ambientes</i>	52
Figura 30 <i>Promedio mensual de lluvia en la sierra sur</i>	53
Figura 31 <i>Inicio de la Charla de Inducción Realizada el 05 de septiembre del 2019</i>	61



Figura 32 <i>Sala de Planificación BIG ROOM</i>	65
Figura 33 <i>Área de Reuniones para los Asistentes a la Planificación</i>	65
Figura 34 <i>Diapositiva 23</i>	66
Figura 35 <i>Diapositiva 24</i>	66
Figura 36 <i>Diapositiva 25</i>	67
Figura 37 <i>Formato para realizar la planificación maestra.</i>	67
Figura 38 <i>Estructuración de Post-it</i>	68
Figura 39 <i>Absolución de Consultas</i>	69
Figura 40 <i>Verificación de los Planos Referenciales</i>	69
Figura 41 <i>Generación de la planificación Maestra</i>	70
Figura 42 <i>Planificación general mediante los trenes de trabajo.</i>	82
Figura 43 <i>Diagrama de flujo para Vaciado de Concreto en Verticales</i>	87
Figura 44 <i>Diagrama de flujo para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas</i>	87
Figura 45 <i>Toma de datos Carta Balance para Vaciado de Concreto en Losa Aligerada Sector 1</i>	88
Figura 46 <i>Modelamiento 3D de la Superficie Topográfica y Excavaciones</i>	92
Figura 47 <i>Modelado 3D Correspondiente al Concreto</i>	92
Figura 48 <i>Modelado 3D, Correspondiente al Acero</i>	92
Figura 49 <i>Modelado 3D Correspondiente al Encofrado</i>	93
Figura 50 <i>Modelamiento 3D de Instalaciones Eléctricas Correspondientes a Luminarias y Tomacorrientes</i>	93
Figura 51 <i>Time Liner Realizada en Navisworks para la Simulación 4D</i>	94
Figura 52 <i>Actividades planificadas versus la ejecución 30 de septiembre del 2019</i>	113
Figura 53 <i>Actividades planificadas versus la ejecución septiembre del 2019</i>	114
Figura 54 <i>Actividades planificadas versus la ejecución al 18 de octubre 2019</i>	114
Figura 55 <i>Actividades planificadas versus la ejecución 05 de noviembre 2019</i>	115
Figura 56 <i>Actividades planificadas versus la ejecución 08 de noviembre del 2019</i>	115
Figura 57 <i>Actividades planificadas versus la ejecución, 15 de noviembre del 2019</i>	116
Figura 58 <i>Actividades planificadas versus la ejecución, 18 de noviembre 2019</i>	116
Figura 59 <i>Actividades planificadas versus la ejecución 22 de noviembre del 2019</i>	117
Figura 60 <i>Actividades planificadas versus la ejecución 22 de noviembre 2019</i>	117
Figura 61 <i>Actividades planificadas versus la ejecución 15 de diciembre 2019</i>	118
Figura 62 <i>Diagrama Resumen del Porcentaje de Plan Cumplido</i>	133
Figura 63 <i>Diagrama Resumen de Causas de Incumplimiento</i>	136



Figura 64 <i>Resultados Interrogante 01</i>	149
Figura 65 <i>Resultados Interrogante 02</i>	150
Figura 66 <i>Indicadores de Encuesta</i>	150
Figura 67 <i>Resultados del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)</i>	155
Figura 68 <i>Diagrama de Pareto Causas de Incumplimiento</i>	156
Figura 69 <i>Curva de Aprendizaje I, Vaciado de Concreto en Verticales</i>	158
Figura 70 <i>Curva de Aprendizaje II, Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas</i>	159
Figura 71 <i>Indicadores</i>	160
Figura 72 <i>Porcentaje de Percepción al Incremento de la Productividad con la Simulación 4D</i>	169
Figura 73 <i>Calendario de Obra – Modulo Estructuras</i>	180
Figura 74 <i>Norma de Metrados Titulo II</i>	181
Figura 75 <i>Norma de Metrados OE.2 Estructuras</i>	182
Figura 76 <i>Norma de Metrados OE.2.3</i>	183
Figura 77 <i>Plano estructural, Aulas 2</i>	336
Figura 78 <i>Plano estructural, Aulas 3</i>	337
Figura 79 <i>Plano estructural, CRE</i>	338
Figura 80 <i>Plano estructural, Laboratorios</i>	339



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1 Identificación del Problema

1.1.1 Descripción del Problema

Se sabe que el problema en nuestro país, respecto al incumplimiento de los plazos de ejecución en los proyectos por contrata tiene como causas principales, la deficiencia técnica, la mala planificación y la falta de innovación en la planificación y ejecución de proyectos, además se menciona en el documento de Structuralia (2019), que la raíz de muchos problemas que confronta las obras radica en el esquema tradicional de planificación de la producción, poco adecuado para lidiar con la incertidumbre y la variabilidad durante la construcción (pág. 4).

En la figura 01 encontramos la gráfica presentada por la contraloría general de la república del Perú, donde muestra el reporte de obras paralizadas 2019 y sus causas de paralización más recurrentes, siendo las deficiencias técnicas/incumplimiento contractual la causa de paralización de 340 obras paralizadas.

Figura 1

Reporte de obras paralizadas 2019 - CGR

CAUSAS DE PARALIZACIÓN	N°	%
Deficiencias técnicas/incumplimiento contractual	340	39%
En Arbitraje (1)	242	28%
Limitaciones presupuestales	126	15%
Disponibilidad del terreno	27	3%
Cambio de Profesionales	18	2%
Cierre de proyecto	3	0%
Factores climatológicos	2	0%
Intervenida por Fiscalía	2	0%
Otros	2	0%
Obra judicializada por la Municipalidad	1	0%
Vigencia de Convenio	1	0%
Sub total	764	88%
Información limitada	103	12%
TOTAL	867	100%

Fuente: Reporte de obras paralizadas 2019 – marzo 2019 Contraloría General de La República del Perú - (CGR, 2019)



Teniendo como consecuencia que, según menciona Virgilio Guio Castillo, en los estudios de Ballard (1994) el porcentaje de cumplimiento real de la planificación de obras demuestran que aproximadamente 1/3 de las veces no se cumple con lo planificado para el lapso de una semana, de la misma forma según el estudio realizado por Virgilio Guio Castillo en 50 obras de construcción los índices de productividad están por debajo del 60% de trabajo productivo esperado, teniendo un promedio del 28% de trabajo productivo en las obras analizadas (Guio Castillo, 2001). El bajo porcentaje del cumplimiento de la planificación y productividad genera ampliaciones de plazo en la ejecución del proyecto, perjudicando a los usuarios finales.

Estas nociones deben ser tomadas muy en cuenta ya que el éxito de los proyectos está ligado al cumplimiento del tiempo de ejecución proyectado, de acuerdo al presupuesto alcanzado, cumpliendo el alcance dado, es por ello la importancia de realizar una correcta planificación.

Existen globalmente nuevas tendencias constructivas, estas tienen por objetivo cumplir el tiempo estimado de la ejecución de un proyecto realizando una correcta planificación y seguimiento, optimizando los procesos constructivos para tener un mayor porcentaje de productividad en obra, a esta nueva tendencia constructiva se le denomina Lean Construction. Acompañado de un modelamiento 3D podemos introducir la planificación realizada con la ayuda de softwares especializados teniendo una simulación 4D, que ayudará a observar cómo se realizará el proyecto antes de la ejecución en campo, de esta manera podemos realizar un seguimiento y complementar nuestra planificación.

1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema

1.1.2.1 Formulación Interrogativa del Problema General

¿Cuál será el resultado del cronograma lean aprobado que se extraerá del análisis de la implementación del Lean Construction y simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco?

1.1.2.2 Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

- ¿Cuál será el porcentaje de plan cumplido que se extraerá del análisis de la implementación Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco?



- ¿Cuál será el porcentaje de productividad en el vaciado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ejecución de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco?
- ¿Cuál será el porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco?

1.2 Justificación e Importancia de la Investigación

1.2.1 Justificación Técnica

El análisis de la implementación hará mención a las etapas de planificación y ejecución de una obra, en la que se utilizará herramientas Lean Construction como la sectorización, trenes de trabajo y Last Planner System (Sistema del Último Planificador), herramientas que sirven para la obtención del porcentaje del plan cumplido (PPC) y causas de incumplimiento (CI), los cuales son indicadores que determinan la efectividad de la programación y control lean en la etapa de ejecución de la obra, también nos permite identificar las razones de los retrasos e incumplimiento con los plazos programados en el cronograma Lean, lo cual ayudará a tomar mejores decisiones para problemas futuros en la ejecución.

Otra herramienta empleada será la carta balance para la obtención de los porcentajes de trabajo productivo, trabajo contributorio y no contributorio en las actividades de vaciado de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en losas aligeradas y en el vaciado de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en verticales (columnas y placas). Esta herramienta sirve para identificar las actividades que quitan valor a la ejecución de un trabajo, de esa forma uno puede plantear mejores flujos de trabajo aumentando notablemente la productividad de los trabajadores.

Finalmente, de manera complementaria a la planificación se tendrá el modelamiento 3D y simulación del proceso constructivo 4D, que ayudará gráficamente a la mejor comprensión de la ejecución de la obra mucho antes de ser concluida.

1.2.2 Justificación Social

La investigación inicialmente sirve como modelo de referencia para todo aquel estudiante interesado en conocer cómo se aplican las herramientas Lean Construction en las obras de edificación. De igual manera la implementación Lean Construction conjuntamente con la



simulación 4D es muy importante ya que la investigación está alineada a las nuevas tendencias constructivas utilizadas globalmente para la optimización de procesos constructivos y esta investigación servirá como un aporte para que los proyectos sean ejecutados en el tiempo planificado, de esta manera la sociedad y usuarios tendrán conocimiento al saber que estas nuevas tendencias globales son utilizadas en nuestra país, entrando a la nueva era de la construcción. Además, permitirá a las empresas constructoras y las obras ejecución presupuestaria indirecta (Obra por Contrata) cumplir con las expectativas de la sociedad ante la ejecución de proyectos en su plazo establecido. Esta investigación tiene un valor práctico importante porque podrá ser usado como ejemplo o referencia en la implementación del Lean Construction y la simulación 4D en el Perú, más específicamente en la ciudad del Cusco, teniendo información importante para que la comunidad universitaria tenga acceso, tomando en cuenta su contenido.

1.2.3 Justificación por Viabilidad

La empresa “Puma Asociados S.C.R.L.” al tener la iniciativa de querer implementar la filosofía Lean Construction a sus obras, nos otorgó la oportunidad y permisos para realizar la implementación de las herramientas Lean Construction y Simulación 4D en el proyecto de ejecución presupuestaria indirecta (Obra por Contrata) “Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez” (Código infobras 046406) , obra piloto, en la que nos permitirá hacer uso de la información, espacios y requerimientos necesarios, para la obtención de los resultados de esta investigación, el cual desea optimizar el tiempo de ejecución del proyecto.

Los autores de la investigación cuentan con la capacidad, compromiso y los recursos necesarios como los softwares para el desarrollo, procesamiento, análisis de datos y modelamiento de la información para realizar la investigación, cumpliendo los objetivos que se pretende alcanzar.

1.2.4 Justificación por Relevancia

La falta de conocimiento sobre nuevas filosofías o metodologías de trabajo que sirven para optimizar los recursos disponibles en el sector de la construcción de la región del Cusco, justifican la presente investigación, ya que, al realizar un análisis de la implementación del Lean Construction en sus distintas etapas y uso de herramientas, complementando con la simulación 4D, significan como punto de partida tanto para alumnos, profesionales, interesados, empresas



privadas hasta entidades públicas, para la mejor comprensión y futura adopción de estas nuevas metodologías.

1.3 Limitaciones de la Investigación

La presente investigación se limita en emplear la metodología Lean Construction y la Simulación 4D a las partidas de estructuras identificadas en la ruta crítica de la programación Lean aprobada de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco. Así mismo se limita a hacer uso de las herramientas Lean Construction como la Sectorización, Trenes de trabajo, Last Planner System y Carta Balance, las cuales son las más relevantes en esta investigación, para determinar la eficiencia en la programación propuesta y su control, dentro de la herramienta de Last Planner System se identifica 5 fases, de las cuales en la presente tesis tratamos 4 de ellas, las cuales son la Planificación Maestra, Planificación por Fases, Planificación Intermedia y Planificación Semanal, no llegando a incluir la última fase de Aprendizaje, debido a las herramientas y requisitos adicionales que conllevan para analizarla de forma correcta. Por otra parte, en el análisis de la productividad, realizada con la herramienta de Carta Balance, no abarcaron todas las partidas, solo se consideraron las partidas de vaciado de concreto en columnas, placas (verticales) y losas aligeradas, debido a que en éstas implican mayores horas hombre en su ejecución, además de que resulta complejo hacer la toma de datos para las partidas restantes, ya que muchos de los trabajos eran simultáneos y se necesitarían más personal y horas invertidas en la toma de datos

Con respecto a la Simulación 4D, se empleó los softwares, Autodesk Revit 2020 y Autodesk Navisworks 2020, ambas en versión educativa, debido al costo que representa tener la versión de paga. La versión educativa es suficiente para los usos que le daremos en la presente investigación.

Respecto a la medición del porcentaje (%) de grado de percepción de la implementación 4D, se realizó una encuesta, hecha solo a los integrantes del Staff Técnico de la empresa contratista Puma Asociados SCRL, encargados de la ejecución de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco.

Finalmente, no se contó con acceso a la información contable de la empresa, lo que hubiera permitido un análisis de costo – beneficio y así determinar la rentabilidad y beneficios económicos de la implementación de la metodología Lean Construction y Simulación 4D.



1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Determinar el resultado del cronograma Lean aprobado que se extraerá del análisis de la implementación del Lean Construction y simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco.

1.4.2 Objetivo Específicos

- Determinar el porcentaje de plan cumplido del análisis de la implementación Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco.
- Obtener el porcentaje de productividad en el vaciado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ejecución de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco.
- Determinar el porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco.

Capítulo II: Marco Teórico de la Tesis

2.1 Antecedentes de la Tesis

2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional

- i) (Tejada, 2014) **Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de Proyectos**

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Resumen: La investigación plantea la implementación del Lean Construction para las etapas de planificación, ejecución y control de los proyectos, se describe los principales conceptos para tener una base teórica que servirá para el conocimiento e implementación de varias herramientas Lean. El autor indica que su investigación servirá como guía para empresas u personas que desean tener como ejemplo los procedimientos empleados en



la investigación, demostrando a través de la medición de la productividad que estas herramientas sirven para mejorar este indicador.

Conclusiones más relevantes:

- Se puede concluir que la aplicación de las herramientas Lean en un proyecto de construcción, en especial de edificaciones, tiene muy buenos resultados en el desarrollo del proyecto, tanto en la productividad como en el plazo y costo. Sin embargo, se deben utilizar las herramientas de manera constante para que las mejoras que estas representan se vean reflejadas en nuestro proyecto (pág. 112).
 - Los resultados obtenidos en las mediciones de productividad realizadas en la etapa de casco de la obra “Barranco 360°” (Trabajo productivo = 40%, Trabajo contributivo = 41% y Trabajo no contributivo = 19%) están por encima de los resultados promedio obtenidos en mediciones de las obras de lima en los años 2001 (TP = 28%, TC = 36% y TNC = 36%) y 2006 (TP = 32%, TC = 43% y TNC = 25%); esto nos da un punto de referencia respecto a la importancia de la aplicación de la filosofía Lean para mejorar la productividad en las obras de construcción y en especial las de edificaciones, ya que es en este tipo de proyectos en los cuales la mano de obra tiene mayor incidencia en cuanto al costo del proyecto. Sin embargo, si nos comparamos con los resultados que muestra Virgilio Ghio de mediciones realizadas en Chile en el 2001 (TP = 47%, TC = 28% y TNC = 25%) se puede apreciar que aún queda una brecha grande por mejorar, la cual se logrará reduciendo las pérdidas de los procesos de construcción (pág. 113).
- ii) (Blanco & Sotomayor Chávez, 2018) **Sistema Last Planner para mejorar la planificación en la obra civil del centro de salud Picota - San Martin**

Universidad San Martin de Porres

Resumen: La presente investigación tiene como finalidad realizar la implementación del Last Planner System en sus diversas fases para demostrar que se puede reducir los tiempos de ejecución en la construcción del centro de salud picota en el departamento de San Martin.

Conclusiones más relevantes:

- La aplicación continua del Sistema Last Planner en una obra de construcción incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación, puesto que se corroboró un incremento de la productividad para los rendimientos, a pesar que inicialmente estaba por debajo de lo previsto en el expediente técnico. Hubo mejora en la planificación,



porque mediante el Sistema Last Planner se pudo revertir el atraso de 3.6% en la semana 13 (pág. 74).

- El Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) es una herramienta de control que permitió medir la confiabilidad del sistema. En este caso se observó que en el sector F, en las semanas donde no hubo planificación, no se llegaron a cumplir todas las actividades planificadas. Al implementar el Sistema Last Planner en los sectores de evaluación E y F se llegó a un porcentaje de actividades ejecutadas de 74% y 72% respectivamente. Con la herramienta Carta Balance se permitió realizar mediciones reales en campos de trabajo productivos, contributorios y no contributorios. En este caso se evaluó la partida de vaciado de concreto donde se encontró que los descansos y esperas eran los que presentaban mayor incidencia, y se concluyó que esto se debió a un mal dimensionamiento de cuadrillas y falta de planificación (pág. 75).

iii)(Vela, 2015) **Potenciando la capacidad de análisis y comunicación de los proyectos de construcción, mediante herramientas virtuales BIM 4D durante la etapa de planificación**

Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.

Resumen: La presente investigación tiene por finalidad realizar el modelamiento y simulación 4D en la construcción de un proyecto de edificación, para la obtención de una planificación más eficiente, aumentando la confiabilidad de la planificación.

Conclusiones más relevantes:

- Es evidente que las herramientas BIM 4D ayudan a visualizar y simular la construcción anticipadamente de nuestro proyecto, enlazando el modelo 3D a un cronograma, lo cual puede resultar claramente sorprendente cuando es visto por primera vez. Sin embargo, considero que dicho beneficio, no es el principal objetivo buscado por los responsables de la planificación de un proyecto. Si bien puede resultar cualitativamente provechosa la utilización de dicha herramienta como instrumento de venta, tiene aún mucho más potencial por desarrollar en otros campos de aplicación (pág. 88).
- Lo que realmente representa BIM 4D para la planificación, es su uso mismo como herramienta. Así como una hoja numérica de Excel ayuda a generar gráficos e indicadores mediante datos, fórmulas y funciones; el BIM 4D a través de instrumentos tecnológicos busca brindar mayores capacidades de análisis a la etapa de planificación. En ambos casos, el solo usar la herramienta no garantiza que el trabajo sea el correcto, ni mucho menos que reemplazará al raciocinio de las personas, pero ayudará en gran



forma a optimizar los resultados los cuales difícilmente llegarían a ser percibidos sin esta (pág. 89).

2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional

i) (Gutiérrez, 2017) **Implementación del sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora: estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel**

Universidad Andrés Bello

Resumen: En la investigación plantea lo siguiente: evaluar el sistema de planificación “Last Planner”, mediante su implementación en la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. Lo que se busca es detectar sus virtudes para potenciarlas y determinar las falencias que posee este sistema, precisando sus causas y planteando soluciones a ellas.

Conclusiones más relevantes:

- Last Planner es una herramienta para estabilizar flujos de trabajo y disminuir la variabilidad, sin embargo, al llevarlo a la práctica es muy difícil que se cumpla completamente. ¿Es posible una mejora continua? Sí, lo es, ya que las Causas de No Cumplimiento ayudan a detectar dónde está la raíz del problema y lo que genera el no desarrollo de una actividad en particular, pudiendo programar tareas que sí se pueden realizar, eliminando pérdidas de tiempo por esperas de materiales o falta de equipos por ejemplo y mejorando la productividad (pág. 67).
- La reducción de la variabilidad es otro punto importante que se cumple, pues al tener una programación semanal confiable, se disminuye la diferencia entre lo que se programa y lo que se ejecuta realmente en obra (pág. 67).
- Cabe destacar del Last Planner que un Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC) alto no implica que la obra esté al día con el avance físico teórico y esto fue claro en ambos proyectos. Las dos obras estaban con un atraso evidente y a pesar de tener semanas un porcentaje aceptable de actividades cumplidas, en ningún caso representaba la disminución del atraso, pues no se utilizó un indicador que relacione el avance físico según lo programado por carta Gantt con el PAC. En ambos casos, no existe nada que indique cómo va el avance respecto a lo planificado, ya que perfectamente se puede tener un 100% de actividades cumplidas, siendo que éstas se deberían haber realizado hace 3 semanas atrás, por dar un ejemplo. El tiempo de ejecución de la obra dentro de



lo planificado es de vital importancia, pues son los atrasos los que generan grandes pérdidas económicas y que puede llevar a que el proyecto sea un fracaso (pág. 67).

ii) (Olguín, 2011) **Estudio de Impacto por la Implementación de un Modelo 4D y Last Planner en Obra**

Universidad de Chile

Resumen: La tesis tiene la finalidad de investigar y evaluar respecto a la implementación de LPS y 4D en dos obras, realizadas en diferente tiempo y por diferentes empresas, con el objetivo de reportar la forma de implementación, beneficios e inconvenientes registrados; esperando proveer información para futuras implementaciones tomando en cuenta los resultados obtenidos y entregando nuevas oportunidades de investigación encontradas del conjunto LPS+4D.

Conclusiones más relevantes:

- Se verifica un aumento de los porcentajes de actividades completadas y la disminución de tiempo de reuniones de planificación, registrados en la implementación, con una mejor visualización y comprensión del proyecto (pág. 58).
- Resulta complejo que los participantes de las reuniones logren comprender y adaptarse a los cambios, se resisten a la implementación de esta combinación (pág. 59).
- Se observaron y registraron los diferentes impactos que se obtienen al implementar un modelo 4D con la herramienta LPS (pág. 59).
- Se detectaron e informaron en base a los resultados obtenidos de información cruzada, los beneficios y fallas del sistema LPS y 4D post implementación (pág. 59).

iii)(Mateu, 2015) **Building Information Modeling 4D Aplicado A Una Planificación Con Last Planner System**

Universidad Politécnica de Valencia

Resumen: La tesis gira entorno a la aplicación de Last Planner System (LPS) y BIM 4D, realizando una análisis teórico y práctico, así como de los resultados tras la aplicación conjunta de ambas, para ello se hizo una revisión bibliográfica sobre Lean y su aplicación a la construcción, su herramienta LPS y su metodología, así como estudio sobre Building Information Modeling, culminando con un enfoque más preciso en BIM 3D y 4D.

Conclusiones más relevantes:



- La metodología BIM y BIM 4D, añaden un valor imprescindible ya en estos momentos al sector de la construcción. En este trabajo se han utilizado dos de las siete dimensiones de BIM y ambas han sumado y nunca restado (pág. 102).
- La filosofía Lean y más concretamente Last Planner System, han generado una planificación fiable en obra y con un compromiso mayor que en el sistema tradicional (pág. 102).
- La combinación de ambas tiene un potencial enorme y a juicio de la autora se ha de implementar en este mismo proyecto de aquí en adelante (pág. 102).

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1 Historia del Lean Construction

Los orígenes del Lean Construction como filosofía de trabajo se remonta a los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial con la aparición del Toyota Production System (TPS), pero es necesario describir los acontecimientos previos a este.

A finales del siglo XIX, Sakichi Toyoda inventó su primera tejedora de madera, Sakichi apasionado por mejorar cada vez más, llega a fabricar un telar que detenía automáticamente la producción cuando ocurría un defecto en el hilado, este mecanismo se le conoció con el nombre de Jidoka que traducido quiere decir *automatización*, definiéndose así un pilar del TPS. En los años posteriores, Kichiro Toyoda hijo de Sakichi Toyoda viaja a Estados Unidos y queda muy sorprendido por la cantidad de automóviles en las calles; por lo que vuelve a Japón motivado con el objetivo de producir automóviles. Tras la muerte de Sakichi Toyoda, su hijo continúa el proyecto de su padre y años más tarde funda la empresa Toyota Motor Corporation.

Viéndose Japón devastada a consecuencia de la Segunda Guerra Mundial y no siendo excluida la empresa Toyota, Kichiro Toyoda decide ceder la compañía a su primo Eiji Toyoda, éste al mando, junto con los ingenieros Taiichi Ohno y Shigeo Shingo se dedican a implementar un sistema de manufactura más eficiente, bajo los pilares del Jidoka y Just In Time, así desarrollaron el Kanban o sistema de tarjetas dando inicio al TPS.

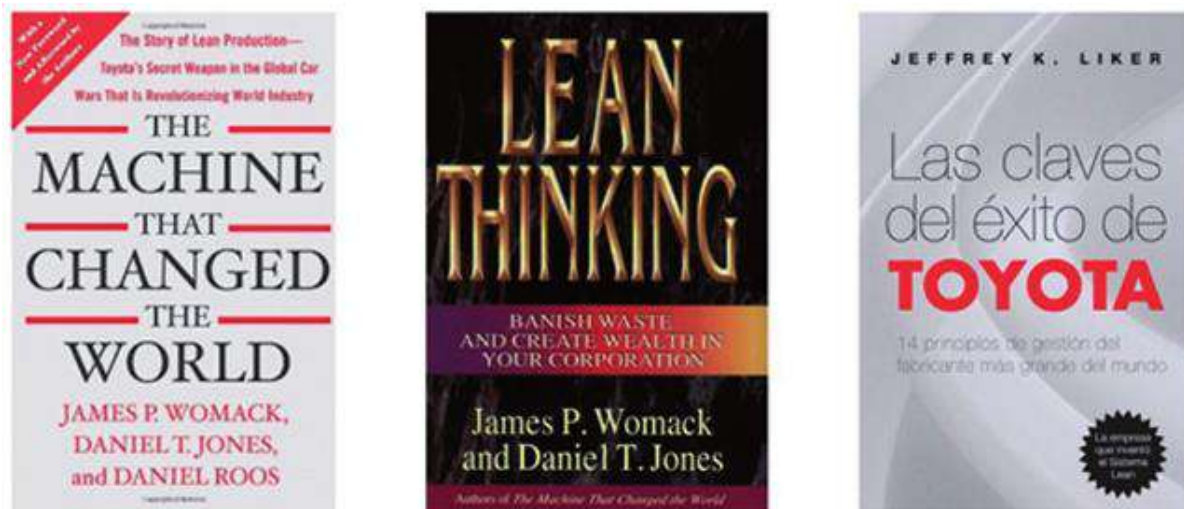
Este sistema aplicado por Toyota, se dio a conocer al mundo por un estudio realizado en 1985 en el MIT (Massachusetts Institute of Technology), estudio que surgió tras la crisis del petróleo de 1973. Estudio que buscaba comprender porque Toyota seguía manteniéndose a flote y sobresaliendo entre las demás empresas dedicadas a la fabricación de automóviles, este estudio concluyó que habían desarrollado un sistema de producción más eficiente y superior a las antes vistas. Este sistema adoptó el nombre de Lean Production, término acuñado por Jhon



Krafcik en 1988 y difundido a nivel global durante la década de los 90 a raíz de la publicación de los libros que observamos en la figura 2, *La máquina que cambió el mundo*, *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar desperdicios y crear valor en la empresa* y *Las claves del éxito de Toyota* (Pons Achell, 2014).

Figura 2

Tres de los Libros que Contribuyeron a la Difusión y Conocimiento de la Filosofía Lean y TPS



Fuente: Página 17 Introducción a Lean Construction – (Pons Achell, 2014)

En 1979, Glenn Ballard y Greg Howell se conocen, seguido de ello en el año 1992 Lauri Koskela inicia los estudios del Lean acuñando el término Lean Construction (LC) y junto con Glenn Ballard y Greg Howell en 1993 fundan el Grupo Internacional para Lean Construction (International Group for Lean Construction - IGLC).

En 1997 se creó el Lean Construction Institute por Glenn Ballard y Greg Howell, profesores de las universidades de Stanford y Berkley, que en colaboración mutua desarrollaron el Last Planner System con el objetivo de crear una herramienta para implementar Lean Construction a los proyectos de Construcción, herramienta que se dio a conocer en el año 2000 en la Tesis doctoral de Glenn Ballard.

En el Perú, tras varias implementaciones de la filosofía de trabajo, Lean Construction por parte de las empresas: Graña y Montero, Coinsa, Copracsa, Edifica, Marcan y Motiva; todas éstas junto con la Pontificia Universidad Católica del Perú toman la decisión de difundir los principios del Lean Construction a todo el país, asimismo crean el Capítulo Peruano del Lean Construction Institute.



2.2.2 Lean Production

El Lean Construction Institute en su página lo define como, cultura de respecto y mejora continua dirigida a crear más valor para el cliente al tiempo que identifica y elimina desperdicios (Lean Construction Institute, 2020).

Es un sistema de producción que busca eliminar todos los desperdicios para maximizar la ganancia, teniendo resultados libres de grasa o desperdicios, utilizando menos recursos.

2.2.3 Lean Construction

Es una filosofía que se refiere a realizar proyectos de construcción en el campo de la ingeniería civil disminuyendo desperdicios en procesos que se generan en el proceso constructivo, maximizando el valor del cliente.

Como menciona (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019) “LEAN Construction y la planificación colaborativa” comprende los conocimientos provenientes de los sectores más industrializados en los que se ha mejorado de una manera notable la eficiencia de los procesos en los últimos años aumentando los niveles de calidad y la reducción de todo tipo de sobrecostos y horas improductivas. Unido a otros avances del sector, la filosofía LEAN es un concepto esencial que viene a resolver para todos nuestros compañeros Arquitectos Técnicos los contratiempos tan comunes en obra, reduciéndolos hasta, prácticamente, su eliminación. (pag.09)

También el Lean Construction ayudara a maximizar la productividad en la fase de ejecución de los proyectos ya que las distintas herramientas permitirán llegar a un proceso de mejora continua.

(Lean Construction Institute Perú, 2019) nos muestra un triángulo con la probabilidad que los proyectos que usan *Lean* intensamente terminen dentro del plazo por un factor de 3X y dentro del costo con un factor de 2X como se muestra en la figura 3:



Figura 3

Triángulo de Talentos Lean Construction Institute



Fuente: Diapositiva 23, Introducción al Lean (Lean Construction Institute Perú, 2019)

2.2.4 Pensamientos clave

El Lean enfocado a la construcción tiene 5 Pensamientos claves los cuales son mencionados según el Lean Construction Institute, teniendo como principal actor a las personas, ya que la realización de los proyectos y su éxito dependerán de las personas, Siendo la parte técnica y obrera que sacara adelante el proyecto, mostrada en la figura 4.

Figura 4

Los 5 Pensamientos Clave



Fuente: Diapositiva 26, Introducción al Lean (Lean Construction Institute Perú, 2019)

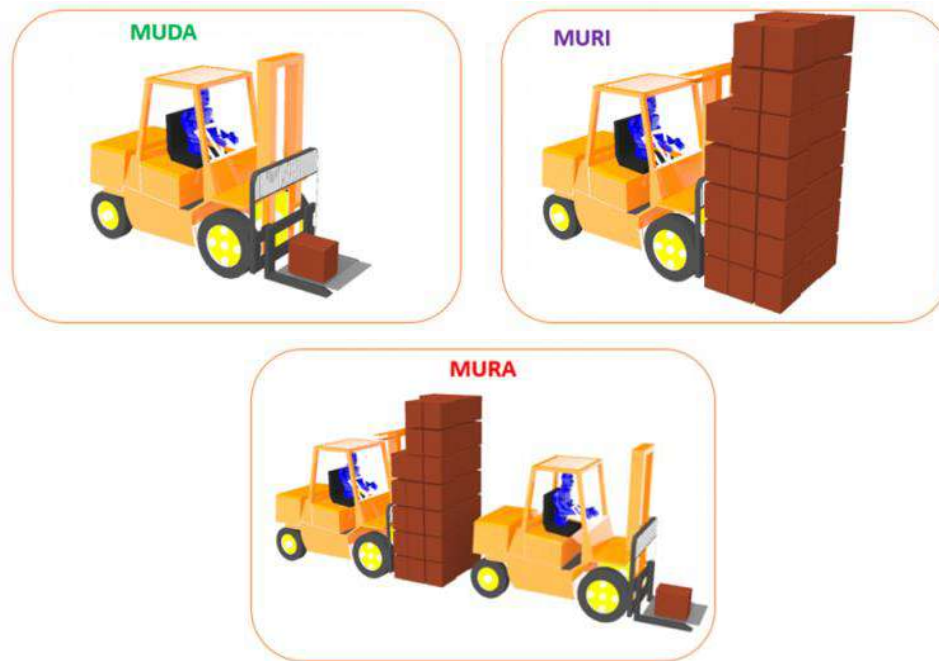


2.2.4.1 Minimizar Desperdicios

Los desperdicios están clasificados en 3Mus según (Ohno, 1988). Ejecutivo de Toyota, el cual era enemigo principal contra los desperdicios generados en su empresa, los cuales estos desperdicios son clasificados de acuerdo a la figura 5, donde se muestra las 3Mus:

Figura 5

Desperdicios según Ohno Representado por las 3Mus



Fuente: 7 desperdicios, Mura, Muri, Muda (*Lean Solutions*, 2020)

Muda (Desperdicios):

Palabra japonesa que significa desperdicios o despilfarro, específicamente toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor (Jones & Womack, 1996).

Los cuales según: (Ohno, 1988) se clasifican en 7 tipos de desperdicios:

- **Sobreproducción**

La sobreproducción es el trabajo que se realiza por encima de lo que se requiere en la ejecución de una tarea o actividad como por ejemplo el exceso de estribos doblados.

- **Esperas**

Es cuando se desperdicia el tiempo esperando la liberación de una tarea o actividad, como por ejemplo la culminación de la excavación de zapatas para que la cuadrilla de perfilado entre a trabajar de manera segura, mientras no se termine la actividad predecesora, la cuadrilla a intervenir con la secuencia de trabajo no podrá intervenir, esperando su



liberación para recién poder intervenir, esto no solo pasa en el personal, también puede pasar en la espera de maquinarias, materiales, documentos, etc.

- **Trasportes Innecesarios**

Se genera al no tener una buena ubicación de los materiales u equipos, de esta manera se mueve el material más de lo necesario.

- **Sobre procesamiento**

Trabajos que se realizan de manera innecesaria ya que no aportaran un valor al proceso del proyecto y no genera mucho valor o reconocimiento.

- **Exceso de inventario**

Relacionado al almacén de obra donde se tiene mayor material de lo necesario, ocupando espacio y generando más trabajo, teniendo posibles pérdidas por el mal mantenimiento o descomposición de los productos almacenados de manera innecesaria.

- **Movimientos innecesarios**

Se realiza cuando el personal o maquinarias realiza movimientos innecesarios para poder completar una actividad, esto puede ser causado por una mala distribución o un lugar no adecuado para realizar los trabajos.

- **Defectos de calidad**

Estos son generados por un mal proceso constructivo o por no usar las herramientas adecuadas o también por la inexperiencia del personal al realizar dicho trabajo, teniendo como consecuencia rehacer el trabajo deficiente, consumiendo tiempo y recursos adicionales.

(Liker, 2004) identifico un desperdicio adicional denominado:

- **Talento desperdiciado**

Identificar las aptitudes de una persona es importante, pues se podrá desempeñar de mejor manera, teniendo un alto índice de productividad y estará feliz con lo que realiza.

Mura (Variación):

Son variaciones que no estaban previstas causada por factores externos o un incorrecto análisis en la planificación causando modificaciones en la planificación alterando el flujo de procesos.

El desnivelado resulta como resultado de un programa de producción irregular o de volúmenes de producción fluctuantes debido a problemas internos, como averías, falta de materiales o defectos (Liker, 2004).

Estas variaciones no previstas pueden ser lidiadas utilizando la herramienta de:



- **Buffer**

Se conoce como buffer a los tiempos adicionales que se le da a la planificación, conocidas también como colchones que servirán para mitigar alguna variación no prevista. Según (Gonzales & Alarcón, 2003) tendremos 5 tipos de buffer en la construcción:

- 1. Contingencias:**

Cantidades de tiempo y costo que se tendrá a disposición para permitir la mitigación de algún incidente que pueda ocurrir en el futuro.

- 2. Inventario:**

Poseer una cantidad adicional en un porcentaje mínimo en materiales y equipos para mitigar algún imprevisto que se relacionen a estos componentes.

- 3. Tiempo:**

Realizar una programación suave semanalmente, generalmente se realiza mediante la programación de actividades hasta el día viernes, teniendo el sábado como buffer para igualarnos en la planificación.

- 4. Capacidad operacional:**

Referido a la capacidad del personal en obra, teniendo un personal adicional que pueda rotar o apoyar si se es necesario, en la ocurrencia de un imprevisto.

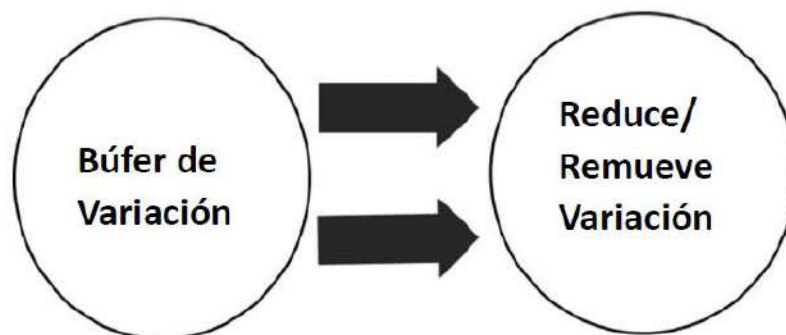
- 5. Planes:**

Este último buffer se refiere a realizar una planificación de acuerdo al último planificador descrita por (Ballard, 2000).

Los buffers como se muestra en la figura 6, reducirán o removerán la variación.

Figura 6

Implicancia del Buffer en la Variación



Fuente: Diapositiva 55, Introducción al Lean (Lean Construction Institute Perú, 2019)



Muri (Sobrecarga):

Sobrecarga de trabajo del personal o de las maquinas, en algunos aspectos está en el polo opuesto del Muda, el Muri fuerza a una maquina o una persona más allá de sus limitaciones naturales (Liker, 2004).

Mucho trabajo para la capacidad o rendimiento que una persona o equipo tiene la posibilidad de poder realizar, esto genera incumplimientos en la ejecución de proyectos. Para poder mitigar la sobrecarga existe algunas herramientas como:

- **Keijunka**

Es una palabra japonesa que significa nivelación de esfuerzos.

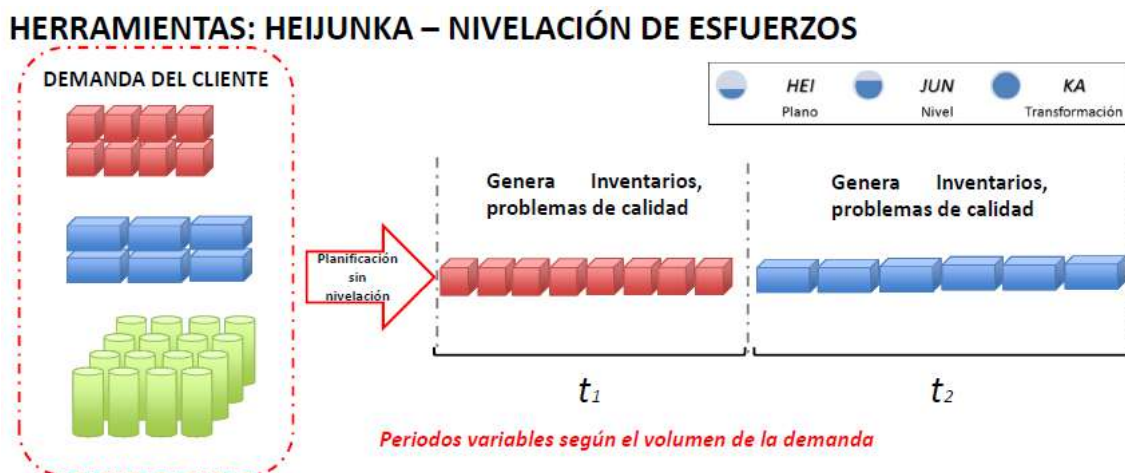
$$KEI = \text{Plano} \quad JUN = \text{Nivel} \quad KA = \text{Transformación}$$

Haciendo referencia a que los trabajos deberán ser nivelados para su ejecución y de esta manera no existirá sobrecarga. Como se observa en la figura 7 tenemos un ejemplo donde la demanda es alta y el producto 1 y 2 son ejecutados en distintos tiempos t_1 y t_2 sin poseer una nivelación en la planificación dejando de lado el producto 3, esto genera desperdicios como inventario y problemas de calidad.

En el ejemplo de la figura 8, tendremos la demanda de 3 productos los cuales son distribuidos de manera equitativa observando que no existe una sobrecarga, por consiguiente, se realiza la nivelación en el mismo periodo de tiempo con la misma carga y producción, de esta manera se podrá cumplir con los flujos de trabajo sin que estos paren.

Figura 7

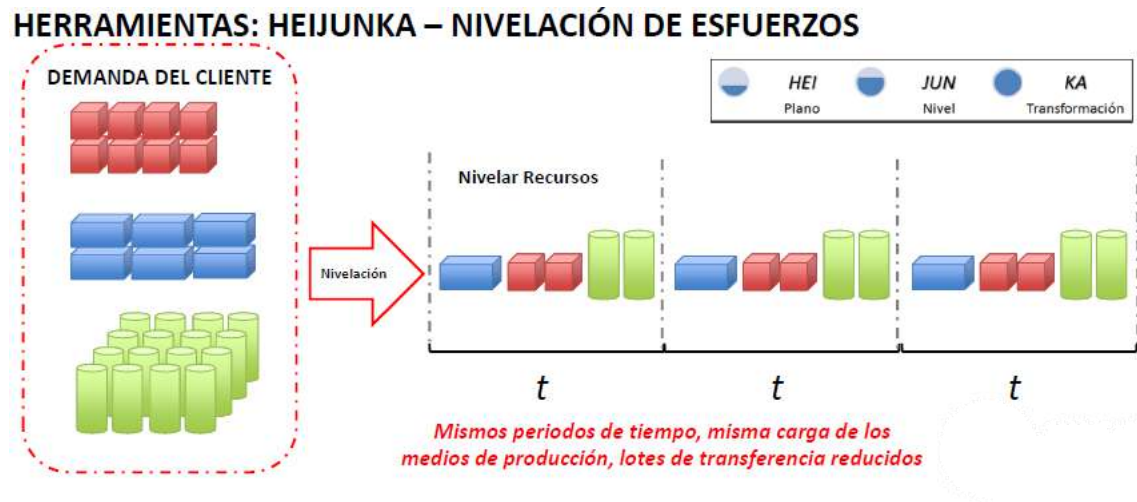
Ejemplo de Sobrecarga en la Producción



Fuente: Diapositiva 8, Física de producción (Lean Construction Institute Perú, 2019).

Figura 8

Ejemplo de Nivelación de Esfuerzos



Fuente: Diapositiva 9, Física de producción (Lean Construction Institute Perú, 2019).

2.2.4.2 Mejora Continua

Este proceso proviene de la palabra japonesa KAIZEN la cual se refiere a la mejora continua.

KAI = Cambio.

ZEN = Para algo mejor.

Por medio de este proceso se pretende realizar un análisis de las deficiencias que se tuvieron a lo largo de la ejecución de un proyecto, de esta manera teniendo las lecciones aprendidas documentadas, se realiza un análisis y se aplica un proceso de mejora continua, este proceso se le conoce como el ciclo de Deming.

PDCA son las siglas de Plan – Do – Check – Act, también conocido como ciclo de Deming una vez que W. Edwards Deming introdujera el concepto en Japón en la década de los años 50, es un ciclo de mejora continua basado en el método científico del proponer un cambio de mejora en un proceso, implementar el cambio, medir y controlar los resultados, y llevar a cabo las acciones correctivas (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019). El ciclo de Deming es importante para no volver a cometer los errores cometidos en la ejecución de futuros proyectos, observamos en la figura 9, el ciclo de Deming.

Desarrollando el Plan-Do-Check-Act tenemos:

- **Planificar**

Se realiza la evaluación del problema que origino algún resultado negativo en la ejecución de alguna actividad, realizando un análisis hasta llegar a la raíz inicial.

- **Hacer**

A través del uso de herramientas o técnicas se elabora una contramedida para superar y mejorar el resultado negativo identificado con su implementación.

- **Verificar**

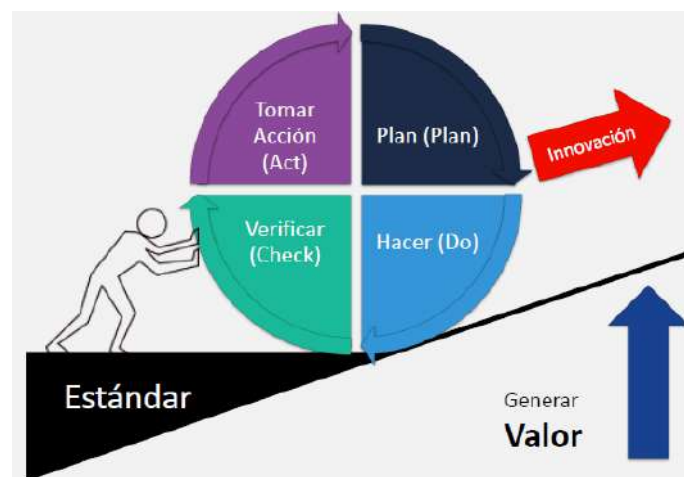
Se realiza la verificación a través de los resultados obtenidos a la implementación de la técnica o herramienta utilizada como contramedida, observando si su resultado es positivo.

- **Actuar**

Teniendo un resultado positivo se realiza la estandarización de la técnica o herramienta para continuar con los resultados positivos.

Figura 9

Ciclo de Deming o Plan-Do-Check-Act



Fuente: Diapositiva 36, Introducción al Lean (Lean Construction Institute Perú, 2019)

2.2.4.3 Generación de Valor

Uno de los principales principios para el Lean es la generación de valor para los clientes, donde se identifica que es lo que realmente el cliente desea, que va satisfacer al cliente, porque producto está pagando.

Se puede definir como el aprecio que un cliente o consumidor le da a un producto o servicio para satisfacer sus necesidades a un precio concreto, en un momento determinado (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019).

2.2.4.4 Foco en el Flujo y en el Proceso

El flujo de valor es el conjunto de todas las acciones específicas requeridas para pasar un producto específico por las tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa: la *tarea de solución de problemas* que se inicia en la concepción sigue en el diseño detallado e ingeniería, hasta su lanzamiento a la producción; la *tarea de gestión de la información* que va desde la

recepción del pedido a la entrega, a través de una programación detallada, y la *tarea de transformación física*; con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto acabado en manos del consumidor (Jones & Womack, 1996).

Para lograr un correcto flujo en el proceso tenemos las siguientes herramientas:

- **Física de producción:**

El sistema de producción está comprendido por distintas etapas las cuales se observan en la figura 10.

Figura 10

Etapas de la Física de Producción



Fuente: Diapositiva 6, Física de producción (Lean Construction Institute Perú, 2019).

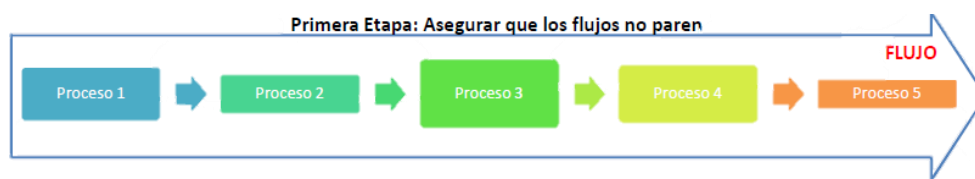
1. Primera etapa: Asegurar que los flujos no paren

En esta primera etapa se tiene todos los procesos que generan valor, identificados mediante un flujo, los cuales el proceso de producción no debería parar.

Tenemos en la figura 11 los diferentes procesos identificados en el flujo, pero estos procesos no están balanceados, teniendo sobrecarga en varios de los procesos, lo cual perjudica al cumplimiento del flujo.

Figura 11

Primera Etapa, Asegurar que los Flujos no Paren



Fuente: Diapositiva 7, Física de producción (Lean Construction Institute Perú, 2019).

2. Segunda etapa: Los flujos no paran y son eficientes

Se realiza la nivelación de los procesos para que estos puedan ser ejecutados sin una sobrecarga, de esta manera todos los procesos podrán ser ejecutados en un mismo tiempo, permitiendo que el flujo no pare, esto se muestra en la figura 12.

Figura 12

Segunda Etapa, los Flujos no Parar y son Eficientes



Fuente: Diapositiva 7, Física de producción (Lean Construction Institute Perú, 2019).

3. Tercera etapa: Flujos y procesos eficientes

En esta etapa se realiza la identificación de desperdicios y eliminación de estos desperdicios, teniendo como resultado el flujo y el proceso en conjunto son más eficientes, como se observa en la figura 13.

Figura 13

Tercera Etapa, los Flujos y Procesos Eficientes



Fuente: Diapositiva 7, Física de producción (Lean Construction Institute Perú, 2019).

2.2.4.5 Optimizar el Todo

Esta etapa, es cuando se tiene un valor de muda igual a cero, donde se tiene identificado los flujos de valor y los procesos, teniendo así un proceso optimizado, de esta manera se hace de conocimiento distribuyendo la información y haciendo de conocimiento a todas las personas involucradas en la ejecución de dicho proyecto para su estandarización, de esta manera todos estarán alineadas a un solo objetivo siendo un equipo lean.

2.2.5 Last Planner System

El Sistema del Último Planificador o por sus siglas en inglés Last Planner System (LPS), Pons & Rubio (2019), la definen como un sistema de planificación y control de duración para un



proyecto de construcción, originalmente desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell desde mediados de los años 90 (pág. 29).

Las características del LPS son:

- El sistema busca incrementar la fiabilidad de la planificación y por consecuencia mejorar los desempeños.
- El sistema trabaja en base a restricciones, es decir todas las actividades tienen dificultades para poder ser realizadas, mientras más restricciones se liberen, más actividades pueden ser ejecutadas.
- El sistema entrega herramientas de planificación y control de la incertidumbre aumentando la confiabilidad de los planes.
- El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles del sistema de planificación.
- La esencia de este sistema es trabajar directamente con el último planificador, el cual puede ser: capataz, jefe de obra, supervisor, subcontratista, administrador de terreno, entre otros.
- El último planificador es quien define lo que será realizado y quien realizará el trabajo (Ballard, 2000).

Cabe mencionar, que según (Rodríguez et al, 2011, como se citó en Structuralia, 2019) el LPS no es una metodología que reemplace o compita con los métodos tradicionales de barras y redes, si no que los complementa y enriquece (pág. 4). Mientras que los métodos de redes manejan el camino crítico, el LPS se preocupa de manejar la variabilidad; mientras los métodos de redes manejan fechas, el LPS maneja flujos de trabajo (Structuralia, 2019).

2.2.6 Planificación Maestra

Llamada también programación maestra es la primera etapa del Last Planner System (LPS), cuyo objetivo consiste en determinar de forma puntual y sencilla los objetivos del proyecto, así como también los hitos del mismo.

Según Pons & Rubio (2019) algunos de los componentes a considerar en un programa maestro son:

- Definición del alcance del proyecto.
- Análisis de los stakeholders o partes interesadas: clientes, proveedores, subcontratistas, diseñadores, comunidad de usuarios, etc.
- Definición de la estructura de desglose del trabajo.
- Definición de la estructura de organización del proyecto.



- Análisis de riesgos del proyecto.
- Definición de la estrategia de trabajo a seguir.
- Identificación de recursos críticos.
- Identificación de hitos (contractuales e internos de la empresa y el proyecto).
- Programación general de la obra (secuencia de actividades principales, duración real, buffers, etc.).
- Coste de las actividades (pág. 37).

2.2.6.1 Alcance del Proyecto

De acuerdo con Lledó (2018), el alcance de un proyecto consiste en definir todos los procesos y el trabajo necesario para que ese producto sea provisto con todas las características y funciones requeridas (pág. 116).

Se puede decir que el alcance es la suma de todos los objetivos que se contemplan dentro de un proyecto.

2.2.6.2 Stakeholders

Conocidos como las partes involucradas o interesadas del proyecto, son aquellas personas u organizaciones cuyos intereses pueden ser afectados de manera positiva o negativa por el proyecto (Lledó, 2018).

Es fundamental identificar a los stakeholders en la programación maestra ya que puede significar un componente de éxito en el proyecto. Si se omitió alguno y aparece en la fase de ejecución del proyecto, esto implicaría un obstáculo en el avance del proyecto.

2.2.6.3 Hitos

Es un elemento en el Programa maestro que define el final o el comienzo de una fase o un evento requerido por contrato (concepto traducido del glosario del Lean Construction Institute). Los hitos de un proyecto son demarcaciones de un acontecimiento importante que carece de duración, los cuales sirven para tener un control de las fases del proyecto.

2.2.7 Sectorización

La sectorización se refiere a la división de un trabajo general en partes más pequeñas, llamados sectores, este proceso en el sector de la construcción se realiza a través de un plano en planta general, donde se realiza la división de los trabajos tomando en consideración varios aspectos como son:

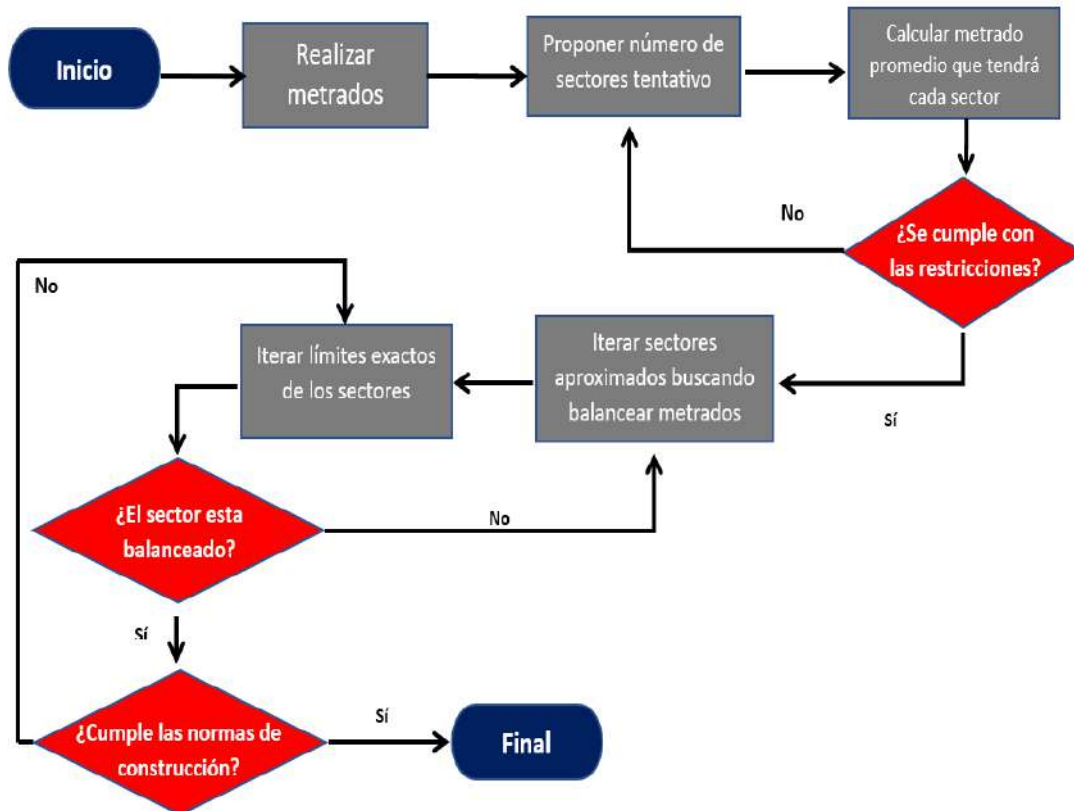
- Todos los sectores deberán estar alineados al cumplimiento del trabajo en un día.
- Cada sector deberá tener un metrado igual o aproximado a los demás sectores.

- Para realizar la sectorización se deberán tomar en cuenta procesos constructivos adecuados que no incumplan las normas de construcción.

En un flujograma que se muestra en la figura 14 se explica el proceso de sectorización:

Figura 14

Proceso de Sectorización



Fuente: Elaboración adaptada de: (Lean Construction Institute Perú, 2019)

La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Asimismo, al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción (Tejada, 2014).

Algunas ventajas de la sectorización son:

- Tener cuadrillas especializadas por cada actividad, realizando trabajos específicos y más pequeños por sector, haciendo que el aprendizaje sea muy alto.
- Saber que actividades serán realizadas día a día según los sectores, teniendo los metrados obtenidos del proceso de sectorización.
- Realizar trabajos más ordenados y con mayor seguridad.

2.2.8 Planificación por Fases

Llamada también programación por fases, es la segunda etapa del LPS. En esta etapa se tiene el objetivo de definir la programación en grupos más específicos con un horizonte entre 3 y 6 meses, esta debe ser realizada por todos los responsables de las diferentes áreas técnicas del proyecto (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019). Al finalizar esta etapa se tendrá un plan de trabajo consensuado y comprometido por todas las partes en el que además se identificarán las restricciones más importantes o estructurales del proyecto, tenemos un ejemplo como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Ejemplo de la Planificación por Fases de una Vivienda Multifamiliar



Fuente: Página 42 Lean Construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System – (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019)

2.2.8.1 Planificación Push

A lo largo de los años este tipo de planificación es la que ha sido usada tradicionalmente en la industria de la construcción, esta consiste como su nombre lo indica, empujar (Push) a la producción, forzarla, ignorando los diferentes tipos de contingencias que puedan surgir en el proceso de una actividad, aumentado así, el nivel de inseguridad en el cumplimiento de la programación.

2.2.8.2 Planificación Pull

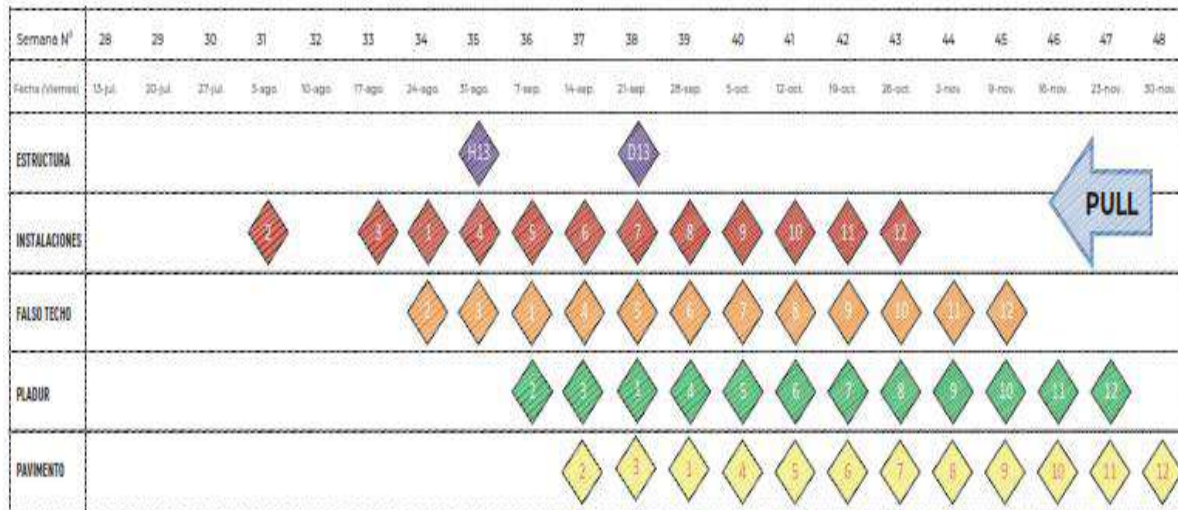
La metodología Pull (jalar) consiste en planificar de derecha a izquierda, partir del final hasta el inicio de un hito programado, considerando los diferentes tipos de restricciones y necesidades que puedan presentarse en el proyecto, para poder así liberarlas, seguir con el flujo de producción y concluir las actividades planificadas como se observa en la figura 16.



El objetivo de la planificación Pull es capturar una imagen general de la planificación del proyecto de manera que todas las partes comprendan el plan, la secuencia de las actividades principales, las restricciones pendientes de liberar, y se asuman los primeros compromisos sobre la planificación (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019).

Figura 16

Ejemplo de Planificación Pull de una Fase



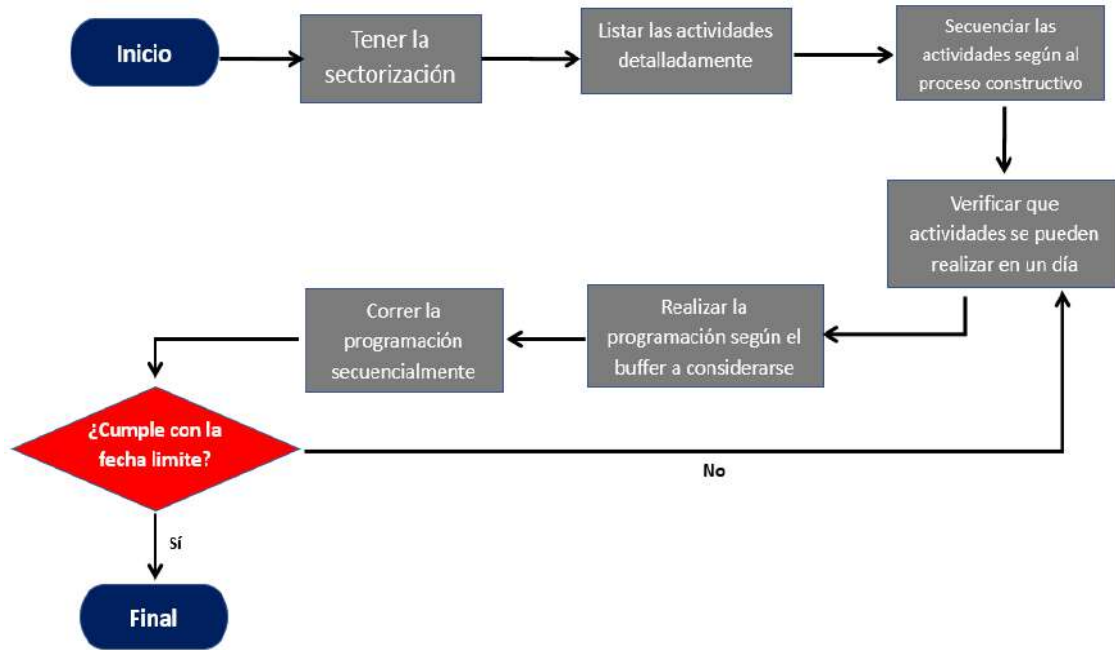
Fuente: Página 42 Lean Construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System – (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019)

2.2.9 Tren de Actividades

El tren de trabajo es una herramienta que facilita estructurar secuencialmente las actividades a ejecutar, encadenando las actividades entre sí a manera de vagones, sugiriendo una relación de dependencia entre ellas, esto quiere decir que, si ocurriese el retraso de una actividad, toda la cadena de actividades se retrasaría en conjunto, el flujograma para realizar el tren de actividades se muestra en la figura 17.

Figura 17

Flujograma de la Elaboración de Trenes de Actividades



Fuente: Elaboración adaptada de: (K+K Group, 2020)

El tren de trabajo tiene el objetivo particular de optimizar el tiempo de ejecución de actividades, mediante el trabajo repetitivo. En la figura 18 se muestra un ejemplo de un tren de actividades.

Figura 18

Ejemplo de un Tren de Actividades

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8
Fierro Vertical	a4	b4	c4	d4	e4	f4	a3	b3
Encofrado Vertical Concreto		a4	b4	c4	d4	e4	f4	a3
vertical Encofrado fondo de		a4	b4	c4	d4	e4	f4	a3
vigas Fierro de vigas				a4	b4	c4	d4	e4
Encofrado costado de vigas				a4	b4	c4	d4	e4
Encofrado fondo de losas					a4	b4	c4	d4
Fierro de losas					a4	b4	c4	d4
Concreto horizontal						a4	b4	c4
Desencofrado							a4	b4

Fuente: Diapositiva 59, Trenes de Trabajo (Lean Construction Institute Perú, 2019)

Ventajas de los trenes de trabajo:

- Tener un incremento de la productividad ya que los trabajos son repetitivos, aumentando el aprendizaje y perfeccionamiento de la producción.
- Saber la meta de las actividades a ejecutarse diariamente.
- Facilitar el análisis del Lookahead.

2.2.10 Planificación Intermedia

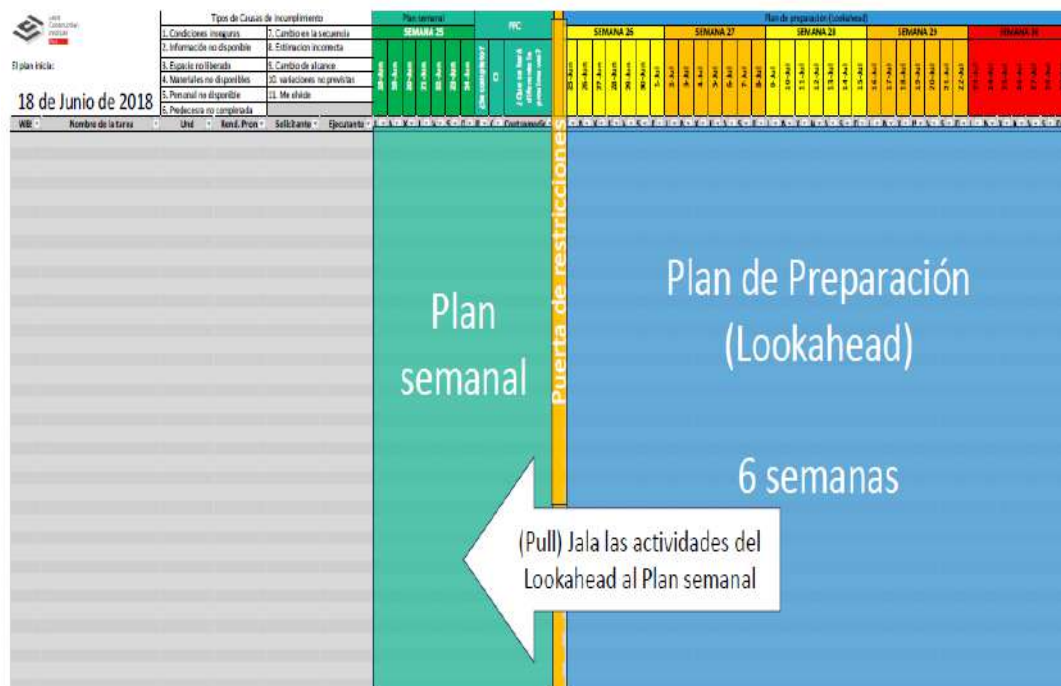
2.2.10.1 Definición

La Planificación a Medio Plazo (en inglés Look Ahead Plan) es realmente un plan de producción en el que se identifica cada tarea concreta que necesita ser completada y sus asignaciones y solapes con otras tareas. Permite mantener bajo control un plan de trabajo realizable en el medio plazo, identificando nuevas restricciones y condiciones necesarias para que esas tareas puedan ser realmente ejecutadas en el plazo previsto (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019).

Esta planificación es la tercera etapa del LPS, donde se realizará el análisis de la restricción de manera PULL, con un horizonte de 3 a 5 semanas de acuerdo al grado de juicio del proyecto, tomando en cuenta la programación por fases desarrollada mediante el tren de actividades, explicando de manera gráfica tenemos la figura 19.

Figura 19

Ejemplo de la Planificación Intermedia



Fuente: Diapositiva 78, Sistema Last Planner (Lean Construction Intitute Perú, 2019)

2.2.10.2 Identificación de Restricciones.

En esta fase se realiza la identificación de las restricciones, para que de esta manera los flujos planteados en el tren de actividades no paren, teniendo así en la figura 20 las restricciones planteadas por el Lean Construction Institute Perú.

Figura 20

Son las 7 Restricciones Principales para que los Flujos no Paren



Fuente: Diapositiva 73, Sistema Last Planner (Lean Construction Intitute Perú, 2019)

2.2.10.3 Registro de Restricciones.

Realizado la identificación de restricciones de acuerdo a los 7 flujos principales, las restricciones identificadas se registrarán para el levantamiento de restricciones asegurando que todas las restricciones identificadas, sean levantadas en las semanas próximas a desarrollar las actividades de la semana analizada mediante el Look Ahead, este registro se agrupara de acuerdo a la figura 21.

Figura 21

Áreas Donde Podemos Identificar Restricciones Agrupadas las 7 Restricciones



Fuente: Página 55 Lean Construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System – (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019)



2.2.10.4 Análisis de Restricciones.

Se realiza el análisis de las restricciones de acuerdo a la complejidad y capacidad que se tiene para levantarla, tomando en cuenta el impacto que tendrá en la programación esto de acuerdo al tren de actividades, también se deberá documentar la acción a realizarse para el levantamiento de la restricción, colocando a un responsable de acuerdo al área de influencia de la restricción, indicando la fecha de identificación de la restricción, la fecha de compromiso a levantarse la restricción y la fecha levantada como se muestra en la figura 22.

Figura 22

Registro de Restricciones de acuerdo al Lean Construction Institute Perú

Registro de restricciones								
Proyecto 0			Actualizado al					
N° Proy 0								
Empresa 0								
ID	ID WBS	Descripción de la restricción	Tipo	Responsable	Fecha identificación	Fecha requerida	Fecha compromiso	Fecha levantada

Fuente: Diapositiva 80, Sistema Last Planner (Lean Construction Intitute Perú, 2019)

Teniendo el registro de restricciones, estas deberán tener un seguimiento y control para levantar dichas restricciones en las semanas próximas a la ejecución de las actividades planificadas para la semana de análisis del Look Ahead.

2.2.11 Planificación Semanal

Llamada también programación semanal, es la cuarta etapa del LPS en la que se asume lo que realmente se ejecutará de acuerdo a todas las restricciones liberadas por sus respectivos responsables; por lo que es importante haber realizado un correcto análisis de restricciones en la planificación intermedia (lookahead), ya que de esto dependerá la ejecución de actividades contempladas en la planificación semanal.

Para tener un mejor control sobre el plan semanal, es recomendable utilizar formatos que incluyan: las actividades que se ejecutarán, sus respectivos responsables, porcentajes de la meta comprometida y realizada y finalmente un diagrama Gantt (si es conveniente).



Al término de cada semana, se procede a realizar el análisis del porcentaje del plan cumplido (PPC) como se observa en la figura 23 y posteriormente las causas de incumplimiento (CI), indicadores que se desarrollarán a continuación.

Figura 23

Ejemplo de Planificación Semanal y Porcentaje de Plan Cumplido

PLAN SEMANAL															
ID.	ACTIVIDAD	FECHAS		UD.	RESPONSABLE	META		COMPLETADA	SEMANA	Junio					
		INICIO	TERMINO			Comprometida	Alcanzada			V	L	M	M	J	
		1-jun	4-jun			5-jun	6-jun			7-jun					
EDIFICIO															
Ciclo 1 Muros															
	Enfierradura	31/05	02/06		JP	100%	100%	1							
	Encofrado	04/06	05/06	m2	IR	100%	95%	0							
	Hormigón	05/06	05/06	m3	MA	100%	0%	0							
	Descimbre y Limpieza	06/06	06/06		IR	100%	0%	0							
Ciclo 2 Muros															
	Enfierradura	31/05	04/06		JP	100%	100%	1							
	Moldaje	05/06	06/06	m2	IR	100%	100%	1							
	Hormigón	06/06	06/06	m3	MA	100%	100%	1							
	Descimbre y Limpieza	07/06	07/06		IR	100%	0%	0							
Ciclo 3 Muros															
	Enfierradura	31/05	05/06		JP	50%	30%	0							
RESUMEN: Total Cumplidas (4) / Total Actividades (8) = 50%															

Fuente: Página 59 Lean Construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System – (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019)

2.2.11.1 Porcentaje de Plan Cumplido

Llamado también porcentaje de promesas cumplidas, permite medir la confiabilidad que se tiene como equipo al asumir el compromiso de una actividad a ejecutar. Para medir este indicador se usan criterios binarios de SI/NO, de manera que una tarea ejecutada al 100% sería un SI y una tarea ejecutada al 99% sería un NO (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019).

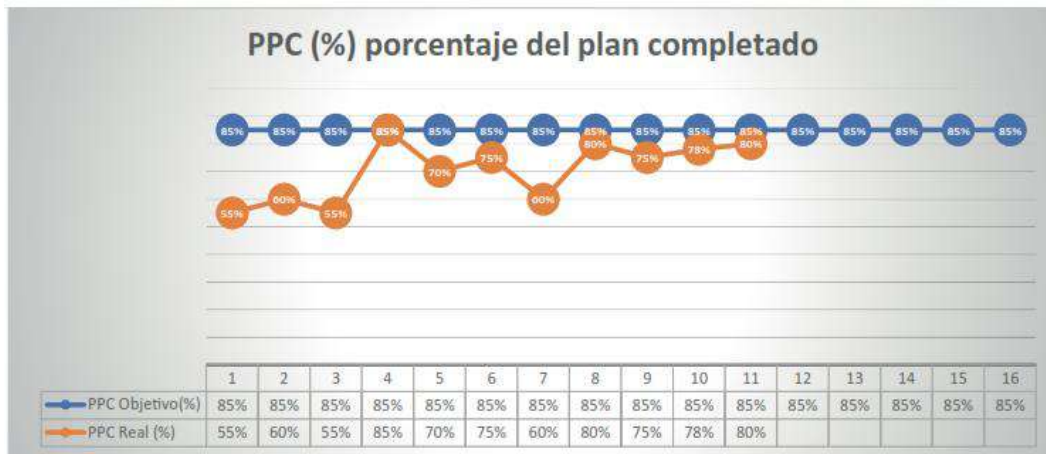
El PPC se determina como el número de tareas comprometidas completadas (Al último día programado, sin considerar las tareas faltantes ejecutadas posteriormente dentro del periodo de buffer) entre el número total de tareas comprometidas planificadas:

$$PPC = \frac{\text{Total de actividades cumplidas}}{\text{Total de actividades programadas}} \times 100$$

Tenemos un ejemplo de los indicadores del PPC en la figura 24.

Figura 24

Ejemplo del Indicador PPC



Fuente: Página 60, Lean Construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System – (Pons Achell & Rubio Pérez, 2019)

2.2.11.2 Causas de Incumplimiento

Al concluir con el análisis del PPC, se procederá a realizar un análisis de las Causas de Incumplimiento para cada actividad comprometida programada que no se ejecutó al 100%, este análisis tiene el objetivo de llegar a la raíz principal del incumpliendo de la actividad programada, de modo que en el futuro se tomen decisiones correctivas para cumplir con los objetivos propuestos.

2.2.12 Carta Balance.

Conocida también como: Carta de Equilibrio de Cuadrilla, es una herramienta que permite cuantificar la productividad de la mano de obra, para posteriormente sugerir y aplicar mejoras para optimizarla; todo esto a través de gráficos que miden el tiempo en minutos en función a la mano de obra que se necesite en la actividad.

Los objetivos de la carta balance son:

- Definir los procesos constructivos para cada actividad a desarrollar.
- Determinar los porcentajes de Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC).
- Identificar los principales tipos de desperdicio en cada actividad.

Según Guio (2001), la distribución de la ocupación del tiempo en obras con un manejo optimizado en la productividad debe ser como se muestra en la tabla 1:



Tabla 1

Tabla de Valores Optimizados para TP, TC y TNC

	TP	TC	TNC
VALORES PROMEDIO	60%	25%	15%

Fuente: Adaptado de (Guio Castillo, 2001)

Mientras que, los resultados generales de mediciones de ocupación del tiempo en 50 obras en Lima y la distribución de la ocupación del tiempo en Chile, son las que se muestran en las tablas 2 y 3 respectivamente (págs. 45-50).

Tabla 2

Tabla de Valores Promedio de 50 Obras en Lima para TP, TC y TNC

	TP	TC	TNC
VALORES PROMEDIO	28%	36%	36%

Fuente: Adaptado de (Guio Castillo, 2001)

Tabla 3

Tabla de Valores Promedio en Chile para TP, TC y TNC

	TP	TC	TNC
VALORES PROMEDIO	47%	28%	25%

Fuente: Adaptado de (Guio Castillo, 2001)

Por otro lado (Botero & Álvarez, 2003) presentan la Experiencia Colombiana en la que los resultados de la distribución general de categorías de trabajo Caso Medellín, se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Tabla de Valores Promedio Caso Medellín para TP, TC y TNC

	TP	TC	TNC
VALORES PROMEDIO	37%	36%	27%

Fuente: Adaptado de (Botero & Álvarez, 2003)



De los casos presentados en las tablas 2, 3 y 4, observamos que gran porcentaje del tiempo está dedicado a actividades no productivas, por lo que la aplicación de la carta balance sería de gran relevancia para optimizar el trabajo productivo.

El procedimiento de toma de datos para obtención de la Carta Balance es el siguiente:

Antes

- Se identifican y se listan todas las actividades necesarias que se llevaran a cabo para la realización de la partida a medir su productividad. Se consideran tanto las actividades que aportan valor como las que no.
- Las actividades listadas anteriormente, se codifican y se ordenan en categorías de trabajo de acuerdo al valor que aportan. Estas categorías se conocen como: Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio.
- Para tener mejor idea de la secuencia de las actividades, para ejecutar la partida, se formula un diagrama de flujo de las actividades.
- Con la ayuda de un programa de computación se diseña un formato para la toma y medición de los datos obtenidos de campo. En este formato se debe establecer el tiempo de duración de la toma de datos y el número máximo de trabajadores de los cuales se obtendrá la información. Es recomendable tener un máximo de 8 a 10 trabajadores, ya que la tarea sería compleja si se tratasen de un mayor número de trabajadores.

Durante

- La persona que se encargará de la toma de datos se debe ubicar en una zona donde le sea visible todos los trabajadores encargados de ejecutar la partida a medir su productividad, a su vez debe cuantificar el número de trabajadores que realizarán las actividades.
- Una vez ubicado en un punto estratégico, se inicia con la toma de datos, para ello el encargado debe estar atento a las actividades que realizan los trabajadores al inicio de cada minuto, registrando el código de la actividad al inicio de cada minuto, de la misma forma hasta terminar con el tiempo establecido anteriormente para la toma de datos.

Después

- Finalmente, al tener registrado de los códigos de las actividades realizadas durante el tiempo establecido para la toma de datos, con la ayuda de un programa de computación se realiza el procesamiento de datos para obtener los porcentajes de Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio.



2.2.12.1 *Trabajo Productivo*

En este grupo se concentran todos los procesos u actividades que agregan valor directamente a la ejecución de una actividad.

2.2.12.2 *Trabajo Contributorio*

En este grupo se concentran todos los procesos que agregan valor indirectamente a la ejecución de una actividad, quiere decir que son todos aquellos procesos que se necesitan para realizar un trabajo productivo.

2.2.12.3 *Trabajo No Contributorio*

En este grupo se concentran todos los procesos que no agregan valor de ningún tipo a la ejecución de una actividad, quiere decir que son todos aquellos procesos que generan desperdicios o retrasos en la ejecución de una partida.

2.2.12.4 *Curva de Aprendizaje*

Horngren, Datar & Foster (2006), la definen como la función que mide la forma en que las horas de mano de obra por unidad disminuyen a medida que aumentan las unidades producidas, dado que los trabajadores están aprendiendo y se están volviendo mejores en sus labores, lo cual servirá para predecir cómo la productividad de la mano de obra aumentará conforme se produzcan más unidades (pág. 358).

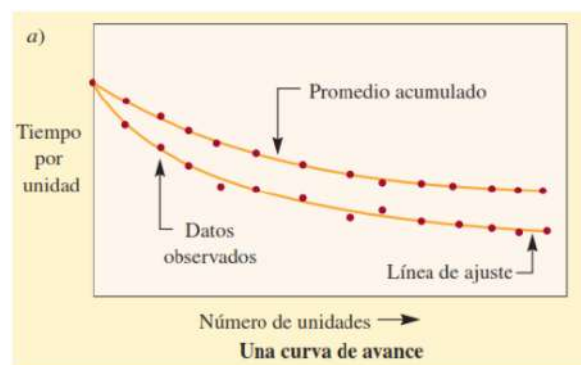
Chase, Jacobs & Aquilano (2014), en su libro Administración de Operaciones, describen dos formas de concebir la curva de aprendizaje (pág. 143):

a) **El tiempo por unidad:**

Nos indica que conforme se vayan desarrollando más un tipo de actividad o producto irá reduciéndose el tiempo para hacerlas, figura 25.

Figura 25

Curva de Aprendizaje: El Tiempo por Unidad



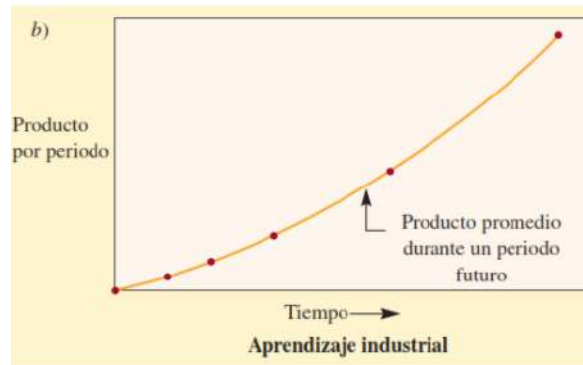
Fuente: Recuperado de: (Administración de Operaciones, producción y cadena de suministros, pág. 143)

b) Unidades de producto por periodo:

Nos indica el desempeño promedio acumulado multiplicado por el número total de incrementos de unidades o productos, figura 26.

Figura 26

Curva de Aprendizaje: Producto por periodo



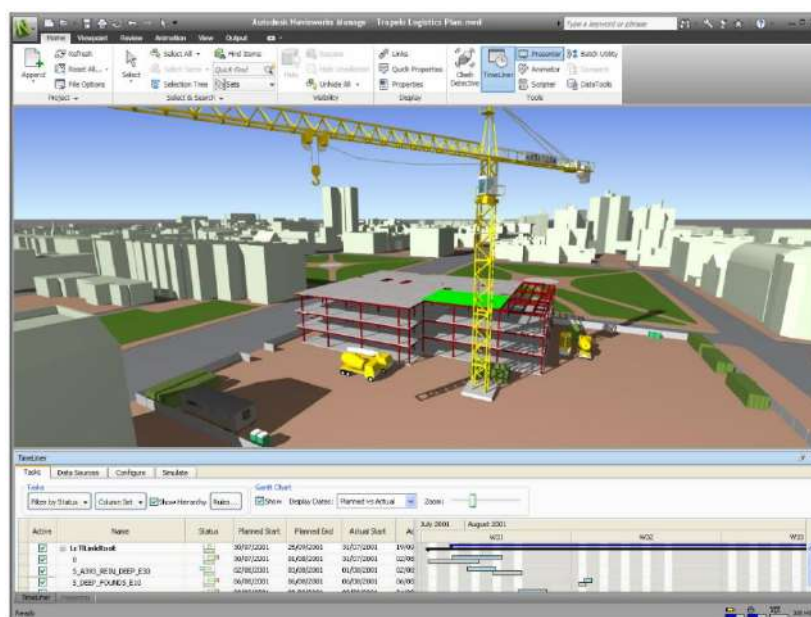
Fuente: Recuperado de: (Administración de Operaciones, producción y cadena de suministros, pág. 143)

2.2.13 Simulación 4D

Para el mejor entendimiento sobre Simulación 4D, es indispensable conceptualizar el significado de simulación, el cual hace referencia a la acción de diseñar un modelo computacional con el fin de realizar experimentos con dicho modelo para luego evaluarlos, como se observa en la figura 27.

Figura 27

Ejemplo de Simulación 4D Mediante Software Naviswork



Fuente: CAD BIM 3D (Desconocido, 2017).



Una simulación 4D viene a ser la integración de un modelo 3D (dimensiones de espacio) más la dimensión de planificación (tiempo), así mismo tiene el objetivo principal de ayudar visualmente a la comprensión de todos los procesos constructivos a seguir en la planificación.

Las principales aplicaciones de la Simulación 4D son:

- Simulaciones animadas en las que se indica el orden en que los trabajos van a ser completados: El hecho de ser capaces de ver que está pasando en la obra, antes de empezar, será de gran ayuda a la hora de detectar errores en la organización, de modo que podrán ser solucionados antes de que supongan un incremento del coste o un retraso en la obra.
- Ayuda visualmente para la comprensión de las actividades en obra: Otro enfoque que se puede dar a las simulaciones es de servirse de estos videos para mostrar a los trabajadores qué es y cómo se ha de hacer el trabajo programado (Mateu, 2015).

2.2.13.1 *Grado de Percepción*

Arias (2006), define la percepción, como el resultado del procesamiento de información que consta de estimulaciones a receptores en condiciones que en cada caso se deben parcialmente a la propia actividad del sujeto (pág. 9). En ese sentido, el grado de percepción resulta de la medición de la capacidad de comprensión de las personas ante una nueva idea, filosofía o metodología.

En este caso será necesario implementar este instrumento para poder medir la adopción de la simulación 4D en la planificación y control de obras de infraestructura.

Tomamos en cuenta el estudio realizado por Ruoyu Jin; Craig Hancock; Llewellyn Tang; Chao Chen (2017), donde realizaron un estudio empírico de las percepciones basadas en la implementación de BIM entre profesionales chinos, donde esta investigación utilizó el método de cuestionario para encuestar a 94 profesionales BIM chinos reclutados al azar para investigar la práctica de BIM y sus percepciones relacionadas. Las reducciones en los errores de diseño y la reelaboración de la construcción resultante se consideraron los principales beneficios del uso de BIM. El factor más importante para lograr el valor BIM se señaló como la interoperabilidad entre varias herramientas BIM. (pág. 04)

2.2.13.2 *Proceso Analítico Jerárquico*

Conocido también como método AHP (Analytic Hierarchy Process), por sus siglas en inglés, es un método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980).



Conocido también como método AHP (Analytic Hierarchy Process), por sus siglas en inglés, es un método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980). Para Toskano (2005), el AHP, mediante la construcción de un modelo jerárquico, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de cambios en los niveles y sintetizar (pág. 23).

2.2.14 Estructuras

Las estructuras son todo tipo de construcciones conformados por uno o más elementos unidos entre sí con el propósito de resistir los diferentes tipos de cargas existentes en una edificación. En ese sentido se puede definir a la estructura como el esqueleto de una edificación, una parte fundamental de ella que posee la cualidad de soportar cargas y transmitir las al suelo, con el objetivo de hacer a la edificación un lugar seguro para habitarla a lo largo del tiempo.

En la Norma Técnica de Metrados para Obras de Edificación y para el desarrollo de la presente investigación las estructuras comprenden de:

2.2.15.1 Movimiento de Tierras

Son todas las acciones realizadas con herramientas manuales o maquinarias, con la finalidad de acondicionar un terreno previo a iniciar la cimentación de una construcción.

a) Excavaciones Simples

Es el tipo de excavación que por su condición se ejecuta preferentemente con la utilización de mano de obra y/o equipos. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Las excavaciones simples consisten en remover volúmenes de tierra, materiales rocosos, etc., dejando en su lugar zanjas que tienen la finalidad de albergar los cimientos de una edificación.

b) Nivelación de Terreno

Es la actividad que comprende de los trabajos de corte y relleno necesarios para dar al terreno la nivelación indicada en los planos de una edificación. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Esta actividad tiene la finalidad de emparejar las superficies, pisos, donde se desarrollarán las actividades para lo que fue diseñada la edificación, de acuerdo a las especificaciones indicadas en los planos de construcción.



c) Rellenos

Comprende la ejecución de trabajos tendientes a rellenar zanjas (como es el caso de colocación de tuberías, cimentaciones enterradas, etc.) o el relleno de zonas requeridas por los niveles de pisos establecidos en los planos. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Los rellenos pueden ser con material propio, esto quiere decir con el material proveniente de las excavaciones de la misma obra o puede ser con material de préstamo, como su nombre lo dice, con un material proveniente de otro lugar, ya sea para darle mejores condiciones estructurales al suelo o solamente porque se carece de material de relleno en la obra misma.

d) Nivelación de Terreno y Apisonado

Es la nivelación que se da al concluir con la ejecución de las cimentaciones y sirve para dar el nivel que se requiere en el piso, llamada interior porque esta encerrada entre los elementos de fundación, puede consistir en un corte o relleno de poca altura y necesita de un apisonado manual o con máquina.

El apisonado se acostumbra efectuar por capas de un espesor determinado para asegurar mejor compactación. (Ministerio de Vivienda, 2010)

2.2.15.2 Obras de Concreto Simple

Son estructuras construidas con una mezcla de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua; cuyas cantidades dependerán de la resistencia que sea solicitada. El concreto simple es generalmente empleado en la construcción de elementos que requieren un buen comportamiento ante los esfuerzos de compresión, por lo que se deduce que este tipo de concreto no es el adecuado para estructuras con estándares altos de resistencia a las diferentes fuerzas presentes en una edificación. En ese sentido, para la edificación considerada en esta investigación, las partidas que se realizan a base de concreto simple son los solados tanto en zapatas y vigas de cimentación

a) Solados

Es una capa de concreto simple de escaso espesor que se coloca en el fondo de excavaciones para zapatas, muros de contención, losas de cimentación, vigas de conexión, etc., proporcionando una base para el trazado de los elementos estructurales superiores y la colocación de su respectiva armadura. (Ministerio de Vivienda, 2010)

2.2.15.3 Obras de Concreto Armado

Son estructuras construidas con los materiales del concreto simple e incluyendo una armadura de acero para lograr una mayor resistencia. Los elementos que son construidos a base de



concreto armado, poseen la característica de tener un buen comportamiento ante las fuerzas de tracción, tensión, cortante además de las de compresión, siendo adecuado para el diseño de elementos estructurales como zapatas, vigas de cimentación, columnas, vigas y losas.

a) Zapatas

Son cimentaciones de tipo superficial, que sirve de base y apoyo para las columnas y placas. Este elemento estructural es sobre el cual se apoya todas las fuerzas presentes en la edificación, es así que la zapata se encarga de transmitir todas estas fuerzas al suelo y de anclar la edificación al suelo.

La ejecución de la partida de zapatas comprende desde el encofrado (opcional), armado de la estructura de acero (parrillas) y el vaciado de concreto.

b) Vigas de Cimentación

Llamadas también vigas de conexión, son estructuras que sirven para conectar a las zapatas, haciendo que trabajen en conjunto, pudiendo actuar como cimiento. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Dependiendo del diseño de la viga de cimentación, estas pueden soportar cargas y momentos, cumpliendo la función de amarrar la estructura de cimentación y ofrecer una mayor rigidez.

La ejecución de la partida de vigas de cimentación comprende desde el encofrado (opcional), armado de la estructura de acero y el vaciado de concreto.

c) Columnas

Son elementos de apoyo aislado, generalmente verticales con medida de altura muy superior a las transversales. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Estos elementos estructurales, poseen una sección regular y simétrica, generalmente circular o rectangular, capaces de soportar fuerzas de compresión y tracción, son los elementos encargados de transmitir las cargas de la estructura a la cimentación.

La ejecución de la partida de columnas comprende desde el armado de la estructura de acero, el izado de la estructura de acero, encofrado, el vaciado de concreto, hasta su desencofrado.

d) Placas

Son muros de concreto armado que ofrecen mayor rigidez en la cara de mayor dimensión, frente a los movimientos laterales. Las placas ofrecen un mejor comportamiento antes las cargas sísmicas ofreciendo mayor resistencia a la edificación.

La ejecución de la partida de placas comprende desde el armado de la estructura de acero, el izado de la estructura de acero, encofrado, el vaciado de concreto, hasta su desencofrado.



e) Vigas

Son los elementos estructurales horizontales o inclinados, de medida longitudinal muy superior a las transversales. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Estos elementos al estar apoyadas sobre las columnas, son excelentes para de sostener las cargas de la edificación ya sean cargas de tipo, puntual y uniformes, para luego transmitir las a las columnas. Las vigas ofrecen un buen comportamiento antes los esfuerzos de compresión, tracción, flexión y corte.

La ejecución de la partida de vigas comprende desde el armado de la estructura de acero, encofrado, el vaciado de concreto, hasta su desencofrado.

f) Losas Aligeradas

Son losas constituidas por viguetas de concreto y elementos livianos de relleno. Las viguetas van unidas entre sí por una losa o capa superior de concreto. Los elementos de relleno están constituidos por ladrillos, bloques huecos o elementos livianos que sirven para aligerar el peso de la losa y además para conseguir una superficie uniforme de cielorraso. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Las losas aligeradas se encargan de transmitir la carga muerta y carga vida de una edificación hacia las vigas y muros, también une los elementos estructurales como columnas, placas, muros y vigas para ofrecer a la edificación mayor rigidez, actuando como un solo elemento estructural.

La ejecución de la partida de placas comprende desde su encofrado, colocación de elemento aligerante, armado de la estructura de acero, colocación de tuberías, colocación de tomacorrientes u otros elementos que se indiquen en los planos, el vaciado de concreto, hasta su desencofrado.

2.2.15 Tipos de Obras por su Ejecución Presupuestal

2.2.17.1 *Obras por Administración Directa*

Son aquellas obras que para su ejecución la entidad utiliza sus propios recursos, no cuenta con ningún tercero o privado para ejecutar la obra, solo con su propio personal, equipos o maquinaria e infraestructura, es decir, por ejecución presupuestaria directa, a través de una administración directa. En ese sentido, la entidad es el responsable total de la ejecución de la obra pública.

Para la ejecución de las obras por administración directa, las entidades deben contar con:

- Asignación presupuestal.
- Expediente Técnico aprobado.



- Presupuesto Analítico aprobado.
- Personal técnico.
- Capacidad Administrativa.
- Equipos y maquinaria.
- Cuaderno de obra foliado y legalizado.
- Designación de responsables de ejecución y supervisión de obra.

Entre otros, para ejecutar una obra por administración directa se debe demostrar que el costo total de la obra es igual o menor del costo de su ejecución por contrata. (La Contraloría General de la República del Perú, 2019)

2.2.17.2 Obras por Contrata

La entidad mediante un procedimiento de selección encarga la ejecución de una obra a una empresa constructora, es decir, por ejecución presupuestaria indirecta, mediante un contrato o convenio.

(La Contraloría General de la República del Perú, 2019) indica que para ejecutar una obra por contrata se debe cumplir los siguientes requisitos:

- Contar con Expediente de Contratación aprobado.
- Estar incluido en el Plan Anual de Contrataciones.
- Expediente Técnico aprobado.
- Contar con Asignación Presupuestal.
- Disponibilidad física del terreno.
- Declaratoria de Viabilidad.
- Haber designado al comité de selección cuando corresponda.
- Contar con los documentos del procedimiento de selección aprobados que se publican con la convocatoria.

2.2.16 Cronograma de Ejecución de Obra

Es una herramienta, calendario en el que se establece los periodos de tiempo que tienen que durar diversas actividades contenidas en la ejecución de una obra y se encuentra especificado en el Expediente Técnico de una obra. Este cronograma sirve para planificar y posteriormente controlar la ejecución de las partidas de una obra de edificación.

En un cronograma de ejecución de obra se tiene bien definidas las tareas, fechas de inicio, fechas de entrega de cada partida, recursos necesarios, responsables, sirve para identificar las actividades predecesoras y sucesoras, de tal manera que en el cronograma se vea



reflejado la descomposición de las actividades de la obra para tener los objetivos más claros y realizarlos de manera secuencial.

2.2.17 Cronograma Lean

Es un cronograma de ejecución de obra, en el cual se hace uso del método de Takt Time Plannig, que proviene del alemán y significa velocidad o ritmo, por lo que este término se refiere al ritmo que un proceso de producción debe seguir para satisfacer la demanda del cliente.

Es así que, en un Cronograma Lean se tendrán identificados los objetivos del proyecto, hitos importantes, para posteriormente en el análisis de objetivos se determine las fases del trabajo de acuerdo a las limitaciones que tengan sus tareas o actividades. (Orange Investments, 2022)

2.2.18 Ruta Crítica

Es una serie de actividades o secuencia de actividades que sumándose tendrán mayor tiempo duración en la ejecución de una obra, también se define el tiempo más temprano en que terminará la obra, pueden existir varias rutas críticas y una de sus características principales es que estas actividades carecen de holguras, lo que quiere decir que si una actividad perteneciente a la ruta crítica afectará directamente a la fecha de culminación de la obra.

Saber identificar correctamente las actividades pertenecientes a la ruta crítica de una obra o proyecto es fundamental para realizar una adecuada programación de la misma.

2.2.19 Plazo Contractual

Es el tiempo establecido que ha de transcurrir para que se produzca un efecto jurídico, usualmente el nacimiento o la extinción de un derecho subjetivo o el tiempo durante el que un contrato tendrá vigencia.

Un plazo de ejecución contractual es el lapso de tiempo que tiene el contratista, ejecutor de la obra, para concluir las prestaciones que se le haya obligado en el marco de lo dispuesto por la normativa de contrataciones del Estado.

2.2.20 Retrasos en Obra

Están compuestos de actividades que no fueron concluidas o gestionadas por los encargados en el tiempo establecido. Lo que genera que acontecimientos relevantes se realicen con posterioridad, extendiendo el tiempo de trabajo para concluir una obra, a su vez ocasionan cambios en los objetivos u alcances, modificando de esa manera el cronograma de ejecución de obra. Además, estos cambios implican un aumento de los costos y recursos planificados, afectando negativamente a la economía de los ejecutores de obras.



2.2.21 Penalidades

Son mecanismos utilizados cuando se incumplen los acuerdos que figuran dentro de un acuerdo entre dos partes, sirven para sancionar el incumplimiento de un acuerdo o contrato escrito y respaldado por la entidad correspondiente.

Un contrato establece penalidades aplicables al contratista ante el incumplimiento injustificado de sus obligaciones contractuales a partir de la información brindada por el área usuaria. Estas penalidades se deducen de los pagos a cuenta, de las valorizaciones, del pago final o en la liquidación final, según corresponda. (Ley N°30225, Ley de Contrataciones del Estado, 2019)

2.2.22 Ley de Contrataciones del Estado

Son normas establecidas con el fin de regular aspectos que involucren la adquisición de bienes y servicios por parte de la administración pública.

Esta ley tiene la finalidad de establecer normas orientadas a maximizar el valor de los recursos públicos que se invierten y a promover la actuación bajo el enfoque de gestión por resultados en las contrataciones de bienes, servicios y obras, de tal manera que se efectúen en forma oportuna y bajo las mejores condiciones de precio, calidad, permitiendo el cumplimiento de los fines públicos y tengan una repercusión positiva en las condiciones de vida de los ciudadanos. (Ley N°30225, Ley de Contrataciones del Estado, 2019)

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis General

El resultado del análisis de la implementación del Lean Construction y simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en que la obra se ejecute en el plazo programado respecto a cronograma lean aprobado.

2.3.2 Sub Hipótesis

- El porcentaje de plan cumplido del análisis de la implementación del Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco será mayor al 85%.
- El porcentaje de productividad en el vaciado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ejecución de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco - será mayor al 60% en el trabajo productivo.



- El porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco, es superior al 75%.

2.4 Variables e Indicadores

2.4.1 Variables Independientes

- Lean Construction: Filosofía que pretende la disminución de desperdicios en el proceso constructivo para maximizar el valor.

2.2.1.1 Indicadores de Variables Independientes.

- Sectorización.
- Trenes de trabajo.
- Planificación Maestra.
- Cronograma LEAN.
- Matriz de responsabilidades.
- Análisis de restricciones.

2.4.2 Variables Dependientes

- Actividades cumplidas.
- Carta Balance.
- % de grado de percepción de la implementación 4D.

2.2.1.2 Indicadores de Variables Dependientes.

- PPC.
- Casusas de incumplimiento.
- Trabajo productivo (TP).
- Trabajo contributorio (TC).
- Trabajo no contributorio (TNC).
- (%) de grado de percepción.

2.4.3 Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 5

Cuadro de Operacionalización de Variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
Tipo de variable	Denominación de la variable	Definición	Indicador	Unidades	Escala	Herramientas e instrumentos
Variable independiente	Lean Construction	Filosofía que pretende minimizar desperdicios en el proceso constructivo para maximizar el valor.	Sectorización	Numero de sectores	Cuantitativa-razón discreta	Diapositivas, Laptop, Planos
			Trenes de trabajo	Número de actividades semanales	Cuantitativa-razón discreta	Diapositivas, Laptop, Plantillas Excel
			Planificación Maestra	Numero de hitos	Cuantitativa-razón discreta	Papelotes, Laptop, Plantillas Excel
			Cronograma LEAN	Tiempo	Cuantitativa-razón discreta	Laptop, Plantillas Excel
			Matriz de responsabilidades	Porcentaje (%)	Cuantitativa-razón continua	Laptop, Plantillas Excel
			Análisis de restricciones	Numero de tipo de restricciones	Cuantitativa-razón discreta	Laptop, Plantillas Excel
Variable dependiente	Actividades cumplidas	Concepto relacionado a las actividades que se programaron y realizaron	PPC	Porcentaje (%)	Cuantitativa-razón continua	Laptop, Plantillas Excel
			Causas de incumplimiento	Pareto	Cuantitativa-razón continua	Laptop, Plantillas Excel
Variable dependiente	Carta Balance	Herramienta para obtener la productividad	Trabajo productivo (TP) Trabajo contributorio (TC) Trabajo no contributorio (TNC)	Porcentaje (%)	Cuantitativa-razón continua	Laptop, Plantillas Excel
Variable dependiente	% de grado de percepción de la implementación 4D	Indicador del grado de percepción que tuvo al realizar la implementación 4D	(%) de grado de percepción	Porcentaje (%)	Cuantitativa-razón discreta	Laptop, Plantillas Excel

Fuente: Elaboración Propia.



Capítulo III: Metodología

3.1 Metodología de la Tesis

3.1.1 Enfoque de la Investigación

El enfoque que presenta la investigación es *Cuantitativa*, dado que (Hernández Sampieri, 2014) explica que el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas; se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extraen una serie de conclusiones.

Al respecto, en la investigación se midieron las variables: Actividades Cumplidas, Carta Balance y el porcentaje (%) de grado de percepción de la implementación 4D en la obra: Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco, empleándose métodos estadísticos, convirtiéndose estos en valores numéricos y permitiéndonos extraer una serie de conclusiones para responder las hipótesis planteadas.

3.1.2 Nivel de la Investigación

Según Hernández Sampieri (2014) el alcance descriptivo, consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar como se relacionan éstas. (pág. 92)

Hernández Sampieri (2014), también indica que, el alcance correlacional tiene la finalidad de conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categoría o variables en una muestra o contexto en particular (pág. 93).

Por lo tanto, el nivel de la presente Investigación es *Descriptiva Correlacional*.

Descriptiva porque se detallan las variables: Lean Construction, Actividades Cumplidas, Carta Balance y el porcentaje (%) de grado de percepción de la implementación 4D en la obra: Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el



distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco, tal y como se encontraron y desarrollaron al momento del estudio.

Correlacional porque observamos la relación que existe entre las variables mencionadas en el párrafo anterior.

3.1.3 Método de la Investigación.

El método aplicado en esta investigación es el *Hipotético-Deductivo*, visto que Bernal (2010), la define como un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (pág. 60).

En ese sentido, usamos el método hipotético-deductivo porque a través de las observaciones realizadas a las variables, formulamos unas hipótesis para ser verificadas.

3.2 Diseño de la Investigación

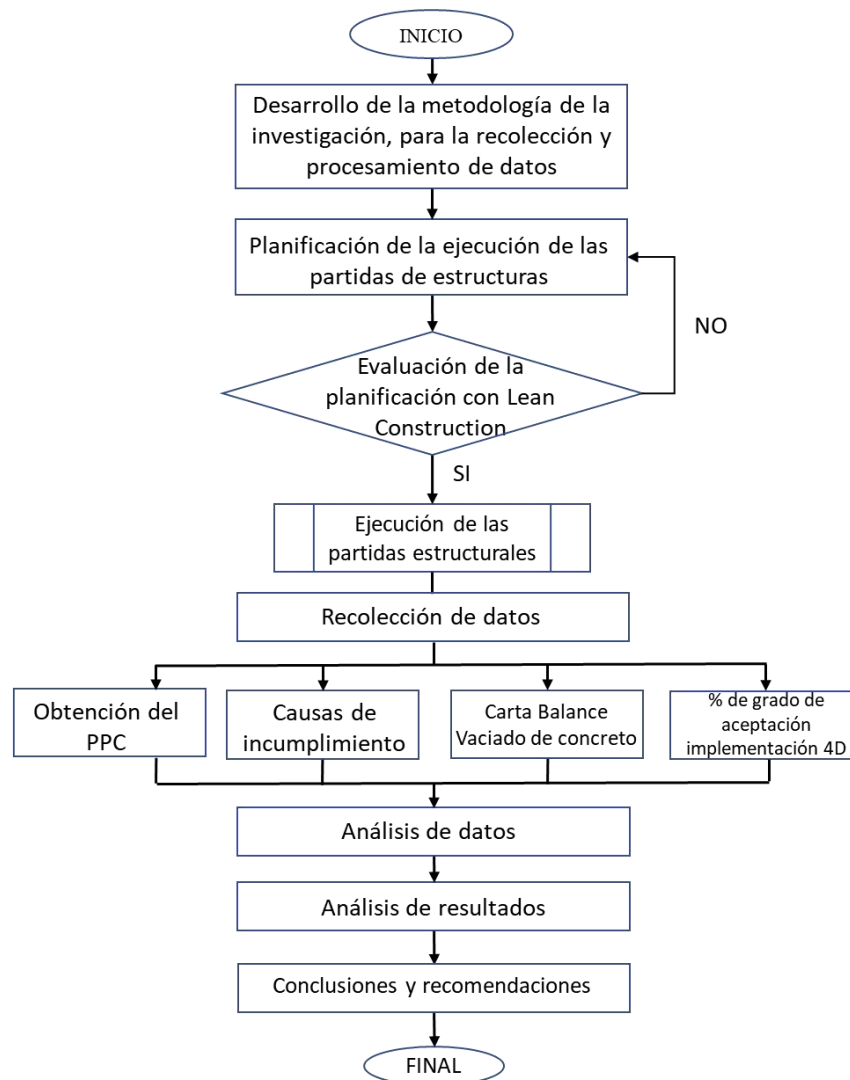
3.2.1 Diseño Metodológico

El diseño de la investigación tuvo un carácter No Experimental, el cual se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en una investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural (Hernández Sampieri, 2014).

3.2.2 Diseño de Ingeniería

Figura 28

Diseño de Ingeniería



Fuente: Fuente propia

3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la Población

La población estuvo compuesta por las estructuras de los módulos pertenecientes a la obra: Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco, ejecutada por la empresa Puma Asociados S.C.R.L., la cual inició contractualmente el día 18 de septiembre del año 2019. Obra que contemplaba la construcción de infraestructura básica y complementaria, así como la implementación con mobiliario, equipamiento, material educativo y la capacitación del personal y padres de familia.



3.3.1.2 Cuantificación de la Población

Se trata de una obra que comprendía la construcción de 5 módulos (Ver anexo 16), los cuales son:

- **Módulo 1:** Está compuesto por 3 niveles que a su vez contienen, sub módulos 2 aulas (Aulas 2), 3 aulas (Aulas 3), 01 laboratorio de ciencia y tecnología (Lab.), 01 centro de recursos educativos (CRE).
- **Módulo 2:** Está compuesto por 01 taller de hidroponía y 01 taller de crianza de animales menores.
- **Módulo 3:** Compuesto por oficinas de administración y la sala de usos múltiples.
- **Módulo 4:** Compuesto de 03 almacenes generales, 01 oficina de educación física, baños y vestidores tanto para varones y mujeres.
- **Módulo 5:** Compuesto por la caseta de control.
- 01 rampa, 02 escaleras y 01 losa deportiva.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción de la Muestra

La muestra estuvo comprendida por las partidas de estructuras en los sectores 2 aulas, 3 aulas, CRE y laboratorios del el Módulo 01 de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco, ya que este módulo es el más representativo de la obra para realizar la presente investigación.

3.3.2.2 Cuantificación de la Muestra

La muestra abarcó las partidas de estructuras correspondientes a los que observan en el siguiente cuadro:

Tabla 6

Muestra de la investigación

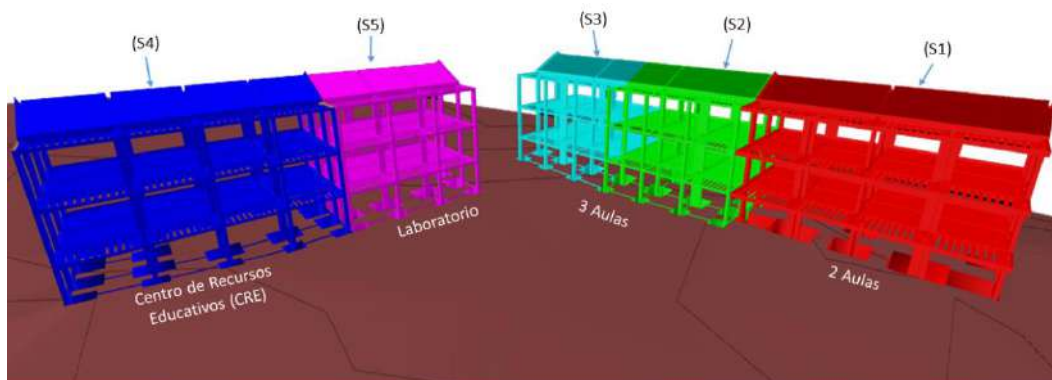
ITEM	PARTIDAS
1.0	ESTRUCTURAS
1.1	MOVIMIENTOS DE TIERRA
1.1.1	Excavación de zanjas para cimiento
1.1.2	Perfilado y nivelado de zanjas manuales
1.1.3	Eliminación de material excedente con maquinaria
1.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE
1.2.1	Solado
1.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO
1.3.1	ZAPATAS
1.3.1.1	Acero de refuerzo G-60 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
1.3.1.2	Concreto en zapatas $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
1.3.2	VIGAS DE CONEXIÓN
1.3.2.1	Acero de refuerzo G-60 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
1.3.2.2	Encofrado y desencofrado de vigas de conexión
1.3.2.3	Concreto en vigas de conexión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
1.3.3	PLACAS
1.3.3.1	Acero de refuerzo G-60 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
1.3.3.2	Encofrado y desencofrado de placas
1.3.3.3	Concreto en placas $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
1.3.4	COLUMNAS
1.3.4.1	Acero de refuerzo G-60 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
1.3.4.2	Encofrado y desencofrado de columnas
1.3.4.3	Concreto en columnas $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
1.3.5	VIGAS
1.3.5.1	Acero de refuerzo G-60 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
1.3.4.2	Encofrado y desencofrado de vigas
1.3.4.3	Concreto en vigas $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
1.3.6	LOSA ALIGERADA
1.3.6.1	Acero de refuerzo G-60 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
1.3.6.2	Encofrado y desencofrado de losa aligerada
1.3.6.3	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30 cm
1.3.6.4	Concreto en losa aligerada $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Fuente propia

Todas estas partidas para los tres niveles del Módulo 01, éste compuesto a la vez por 2 aulas (S1), 3 aulas (S2 y S3), CRE (S4) y Laboratorios (S5) como se muestra en la figura 29.

Figura 29

Módulo 1: Distribución de Sectores y Ambientes



Fuente: Fuente propia



Finalmente, para medir la productividad mediante la aplicación de Carta Balance se consideró los vaciados de concreto en verticales y los vaciados de concreto en losas aligeradas horizontales e inclinadas.

3.3.2.3 Método de Muestra

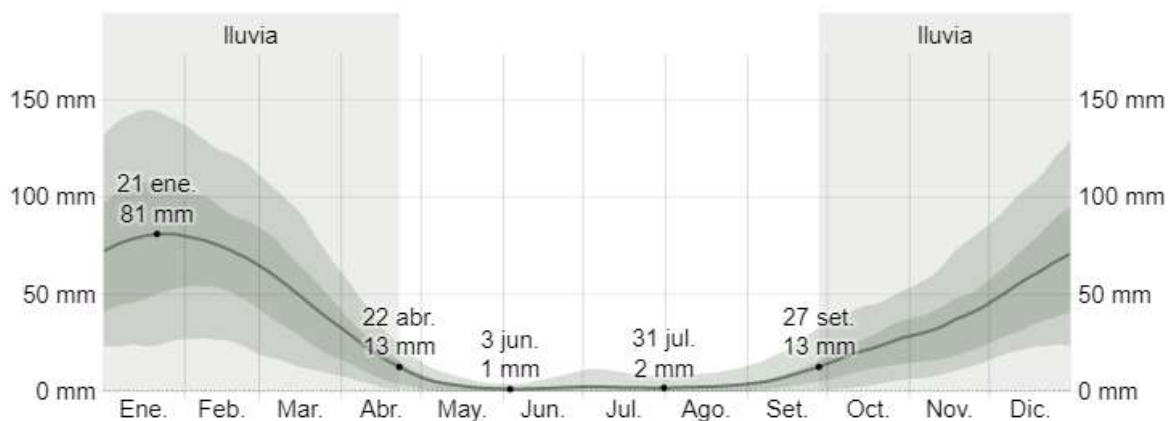
El método de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, porque las partidas seleccionadas de la obra ejecutada se hicieron considerando la implementación de la metodología Lean Construction, como proyecto piloto para las siguientes obras a ser ejecutadas por la empresa.

3.3.2.4 Criterios de Evaluación de Muestra

Las estructuras son la parte más esencial e importante en una obra de edificación ya que estas son las encargadas de dar estabilidad, resistencia y rigidez a la edificación, para hacer de éstas lugares más seguros de habitar, por lo que se tiene especial prioridad al momento de ejecutar las partidas de estructuras en una edificación. Al existir esta prioridad, fue tomado como criterio de evaluación de muestra. Además, estas partidas elegidas para la investigación son aquellas que se encuentran dentro de la ruta crítica del calendario de obra - estructuras (Ver anexo 04), dando así más peso a la necesidad de ejecutarlas para no ocasionar retrasos en el desenvolvimiento de la obra. De esta manera encontrándose a fechas próximas a la temporada de lluvias, se optó concluir la ejecución del casco estructural antes del mes de enero, mes en el cual se tiene datos de mayor probabilidad de lluvias torrenciales, las cuales podrían traer consigo retrasos en la ejecución de la obra.

Figura 30

Promedio mensual de lluvia en la sierra sur



Fuente: Recuperado de: (Cedar Lake Ventures, 2018)



Respecto a la aplicación de la Carta Balance en los vaciados de concreto en verticales y losas aligeradas, se consideraron solo estas partidas para medir la productividad porque en ellas se verificaron mayores horas hombre para realizar las actividades (Ver anexo 03).

3.3.3 Criterios de Inclusión

- Para el análisis de la implementación Lean Construction y Simulación 4D, se tomaron las partidas de estructuras correspondientes a la Norma Técnica Metrados para Obras de Edificaciones y Habilitaciones Urbanas incluidos en la ruta crítica del proyecto (Ver anexo 04). Así mismo para la aplicación de herramientas del Lean Construction se utilizaron los mencionados en el libro “Lean Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last Planner System”.
- En el caso del análisis de la productividad mediante la herramienta de Carta Balance, se consideraron las dos partidas de vaciado de concreto en verticales (columnas y placas) y losas aligeradas.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos Metodologías o Instrumentos de Recolección de Datos

Para la implementación de las metodologías Lean Construction y Simulación 4D inicialmente se contó con diapositivas de introducción a las metodologías mencionadas y a las herramientas del LC empleadas en el proyecto, adicional a esto se contó con los planos del proyecto, presupuestos y metrados.

Para la aplicación del Last Planner System en el proyecto, se emplearon las herramientas siguientes con su correspondiente formato que fueron llenados durante la ejecución del proyecto:

3.4.1.1 Plan Maestro – Planificación por Fases

El Plan Maestro es un instrumento que permite identificar los hitos o entregables, con la finalidad de que el staff técnico tenga una visión común del proyecto.

La Planificación por Fases es un instrumento que nos permite determinar y ratificar las actividades para cumplir con las fases del proyecto.



Tabla 7

Formato Plan Maestro - Planificación por Fases

 UAC Universidad Andina del Cusco														PLAN MAESTRO - PLANIFICACION POR FASES 													
Proyecto:		“MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO”																									
Fechas	Mes				Mes				Mes				Mes														
	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana														
Especialidad																											
																											

Fuente: Elaboración propia.



3.4.1.2 Tren de Actividades

Es un instrumento que permite identificar todas las tareas u actividades que se desarrollaran durante el proyecto, tomando en cuenta la secuencia del proceso constructivo, lo que permite tener la planificación de manera general, obteniendo el cronograma lean, el cual será aprobado para la ejecución.

Tabla 8

Formato Tren de Actividades

 UAC Universidad Andina del Cusco		TREN DE ACTIVIDADES																				
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"																				
Item	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE - 2019						OCTUBRE - 2019						OCTUBRE - 2019								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		1° SEMANA						2° SEMANA						3° SEMANA								
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
		23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019	01/10/2019	02/10/2019	03/10/2019	04/10/2019	05/10/2019	06/10/2019	07/10/2019	08/10/2019	09/10/2019	10/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	13/10/2019

Fuente: Elaboración propia.



3.4.1.3 Lookahead - Matriz de Restricciones

Es un instrumento que permite identificar las limitaciones de las actividades para ser ejecutadas en un horizonte de 3 a 4 semanas, en este formato también identificamos a los responsables y las fechas comprometidas a levantar las restricciones.

Tabla 9

Formato Lookahead-Matriz de Restricciones

 UAC Universidad Andina del Cusco		MATRIZ DE RESTRICCIONES SEMANA "X"													
Proyecto:	"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ, EN EL DISTRITO SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO"										FECHA DE ANÁLISIS :				
ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN DE RESTRICCIÓN	SEGURIDAD	INFORMACIÓN	ESPACIO	MATERIALES	PERSONAS	REQUISITOS	EQUIPOS	PRIORIDAD	CARGO	PERSONA	FECHA REQUER.	FECHA COMPR.	FECHA LEVANT.	A TIEMPO (AT) / FUERA DE TIEMPO (FT)
		0	0	0	0	0	0	0							
RESTRICCIONES LEVANTADAS A TIEMPO =									0					%	
RESTRICCIONES LEVANTADAS FUERA DE TIEMPO =									0					%	
TOTAL DE RESTRICCIONES =									0					%	

Fuente: Elaboración propia.



3.4.1.4 Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI



El Plan Semanal es un instrumento que permite identificar las actividades a ejecutar por el staff técnico.

El Análisis PPC es un instrumento que permite medir el porcentaje de actividades cumplidas, respecto al total de actividades planificadas esa semana.

El Análisis de CI es un instrumento que permite identificar las causas que no permiten el desarrollo efectivo de una actividad.

Tabla 10

Formato Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI

 UAC Universidad Andina del Cusco																							
Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana "X"																							
PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"																							
Tipo de Causas de Incumplimiento:			1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé	2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible									
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	SEPTIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?									
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		1	2	3	4	5	6	7											
						1ª SEMANA									D								
						L	M	M	J	V	S	B U F F E R	B U F F E R										
PPC = Total de actividades cumplidas () / Total de actividades programadas ()												PPC=		%									

Fuente: Elaboración propia.



3.4.1.5 Carta Balance o Formato de Medición para la Productividad

Tabla 11

Formato de Medición para la Productividad

	FORMATO DE MEDICION PARA LA PRODUCTIVIDAD										
	AREA DE PLANIFICACION		Revisión:								
	CARTA DE BALANCE		Fecha:								
											
PROYECTO:	ACTIVIDAD:										
MUESTREADOR:	DESCRIPCIÓN:										
N° FORMULARIO:	FECHA:	HORA INICIO:									
MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE											
ME	HOR	I	II	III	IV	V	VI	VII	IX	X	OBSERVACIONES
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
59											
60											

Clasificación del Recurso:

Actividad	Nombre / Código
I	
II	
III	
IV	
V	
VI	
VII	
VIII	
IX	
X	

Clasificación del Trabajo:

TRABAJO PRODUCTIVO:
TRABAJO CONTRIBUTORIO:
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO:



Fuente: Adaptado de formato elaborado por Graña y Montero.



3.4.1.6 Encuesta para evaluar el % de grado de percepción de la implementación 4D.

Tabla 12

Formato de evaluación del % de grado de percepción de la implementación 4D

 UAC Universidad Andina del Cusco		Encuesta para evaluar el % de grado de percepción de la implementación 4D			
Proyecto:	"Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I. E.S Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomas, Chumbivilcas – Cusco"				
Nombre:		Cargo:			
Observaciones:					
Los resultados de la presente encuestaran determinaran el grado de aceptación de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras.					
Marque la alternativa, según considera para usted la respuesta correcta a las preguntas planteadas.					
1)		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
2)		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Indicaciones:					
Marca con una (x) según considere			Minimo (1) - Maximo (5)		
1)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
2)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
3)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
4)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
5)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
6)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
7)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
8)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
9)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
10)	Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/> Maximo
Gracias por su valioso tiempo					

Fuente: Elaboración propia.



3.4.2 Instrumentos de Ingeniería

Se utilizaron herramientas que fueron importantes para el desarrollo de la presente investigación, como fueron:

Herramientas Tecnológicas:

- Laptop.
- Proyector Multimedia.
- Calculadora HP Prime.
- Cronometro.
- Distanciómetro.
- Impresora.

Programas Informáticos:

- Microsoft Excel 2016 (Versión de prueba).
- Microsoft Word 2016 (Versión de prueba).
- Autodesk AutoCAD 2020 (Versión Educativa).
- Autodesk Revit 2020 (Versión Educativa).
- Autodesk Navisworks 2020 (Versión Educativa).

3.5 Procedimientos de Recolección de Datos

Para iniciar con el proceso de recolección de datos se realizó una charla de inducción, explicando los conceptos generales del Lean Construction y la simulación 4D a todo el equipo que participo en la ejecución del proyecto como se muestra en la figura 31.

Figura 31

Inicio de la Charla de Inducción Realizada el 05 de septiembre del 2019



Fuente: Fuente propia



El procedimiento para la recolección de datos se realizó por un periodo de 4 meses iniciando un 05 de septiembre del 2019 y culminó con el último vaciado de losa inclinada realizada el día 15 de diciembre del 2019. Durante ese periodo la frecuencia de las reuniones fue diarias teniendo una duración de 1 hora como máximo, para realizar la evaluación de las actividades realizadas en el día y detallar las actividades a realizar al día siguiente, de igual manera se tuvieron reuniones semanales para realizar la evaluación del lookahead a 3 semanas, identificando, registrando y analizando las restricciones a levantar para la semana proyectada. Se evalúa el levantamiento de restricciones identificadas hace 3 semanas con respecto a las actividades que se desarrollaran en la semana inmediata para así poder iniciar las actividades sin restricciones, aprovechando dichas reuniones para observar el modelo tridimensional de la obra, para poder tener una proyección de la meta a cumplir a corto y largo plazo obteniendo así el porcentaje de plan cumplido y las causas de incumplimiento con respecto al tren de actividades y el cronograma lean y reuniones mencionadas.

Con respecto a las Cartas Balance, previo al inicio de toma de datos se dio una charla de inducción al staff técnico, para conocer los conceptos fundamentales y el objetivo de esta herramienta.

La recolección de datos se realizó por un periodo de 2 meses, teniendo como fecha de inicio el 14 de octubre del 2019 y fecha final el 14 de diciembre del 2019, realizándose la toma de datos para los vaciados en verticales y los vaciados en losas aligeradas horizontales e inclinadas, en las fechas correspondientes a su ejecución, para lo cual podemos observar en la siguiente tabla, la cantidad toma de datos que se hizo para las partidas analizadas en cada sector.



Tabla 13

Total de mediciones para vaciado de concreto en verticales

VACIADO DE CONCRETO EN VERTICALES					
NIVEL	SECTOR	FECHA	MIN (a)	N° MED. (b)	TOTAL/día (a*b)
1ER	S1	14-Oct	60	3	180 min
	S2	17-Oct	60	3	180 min
	S3	18-Oct	60	3	180 min
	S4	15-Oct	60	3	180 min
	S5	19-Oct	60	3	180 min
2DO	S1	30-Oct	60	3	180 min
	S2	05-Nov	60	3	180 min
	S3	06-Nov	60	3	180 min
	S4	31-Oct	60	3	180 min
	S5	07-Nov	60	3	180 min
3ER	S1	18-Nov	60	3	180 min
	S2	21-Nov	60	3	180 min
	S3	22-Nov	60	3	180 min
	S4	19-Nov	60	3	180 min
	S5	25-Nov	60	3	180 min
TOTAL				45	2700 min

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

Total de mediciones para vaciado de losas aligeradas

VACIADO DE CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS					
NIVEL	SECTOR	FECHA	MIN (a)	N° MED. (b)	TOTAL/día (a*b)
1ER	S1	25-Oct	60	3	180 min
	S2 - S3	30-Oct	60	3	180 min
	S4	28-Oct	60	3	180 min
	S5	31-Oct	60	3	180 min
2DO	S1	14-Nov	60	3	180 min
	S2 - S3	18-Nov	60	3	180 min
	S4	15-Nov	60	3	180 min
	S5	19-Nov	60	3	180 min
3ER	S1	28-Nov	60	2	120 min
	S2 - S3	02-Dic	60	2	120 min
	S4	29-Nov	60	2	120 min
	S5	03-Dic	60	2	120 min
	S1	10-Dic	60	3	180 min
	S2 - S3	15-Dic	60	3	180 min
	S4	11-Dic	60	3	180 min
	S5	14-Dic	60	3	180 min
TOTAL				44	1920 min

Fuente: Elaboración propia.



Como se observa en las tablas se hizo 89 mediciones de 60 minutos haciendo un total 4620 minutos, las cuales sirvieron para determinar la productividad en las actividades mencionadas.

3.5.1 Proceso de Recolección de Datos para Determinar el Resultado del Cronograma Lean

3.5.1.1 Plan Maestro – Programación por Fases

a) Equipos Utilizados

Para realizar la planificación maestra se utilizaron los siguientes equipos y materiales.

- Proyector utilizado para realizar la presentación de los conceptos teóricos y prácticos acerca del Lean Construction.
- Una laptop, donde se realizó la digitalización de la planificación realizada.
- Microsoft Excel 2016 (Versión de prueba), software que nos facilita el trabajo de la digitalización de la información obtenida, a través de la utilización de las filas y celdas que presenta, siendo estas distribuidas según nuestro formato físico.
- Láminas A0, donde se realizó el procedimiento de la planificación maestra de manera física, en conjunto con toda el área técnica del proyecto.
- Post-it (tarjetas adhesivas) utilizadas para realizar el registro de las actividades consideradas dentro de la planificación maestra.

b) Procedimiento

- Para poder realizar la planificación maestra fue necesario tener nuestro espacio de trabajo para el área de planeamiento, siendo este un salón de clases al cual denominamos como BIG ROOM, donde se presentó diferentes espacios de trabajo como fueron:
 - Área de proyección.
 - Área de planos generales de obra.
 - Espacio de planificación Maestra.
 - Área de apuntes y resolución de consultas.
 - Área de reunión para los asistentes a la planificación.

Las diferentes áreas y espacios fueron muy importantes para desarrollar la planificación de manera óptima y ordenada, las cuales se muestran a continuación.



Figura 32

Sala de Planificación BIG ROOM



Fuente: Elaboración Propia

Figura 33

Área de Reuniones para los Asistentes a la Planificación

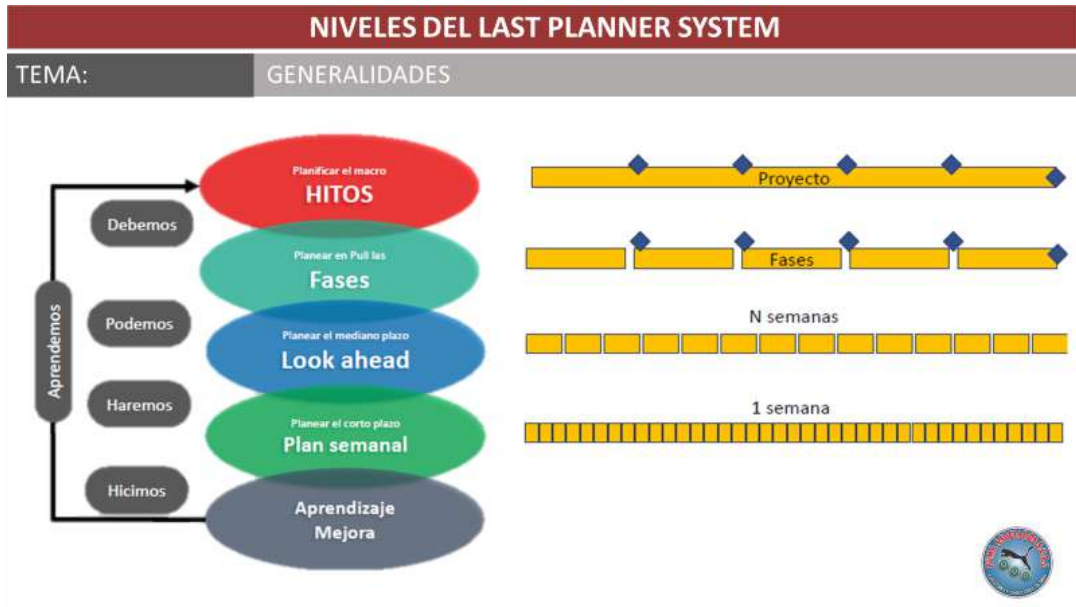


Fuente: Elaboración propia

- En horas de la mañana se realizó la charla de inducción al equipo técnico que participo de la ejecución del proyecto, donde se explico los principales fundamentos del Lean Construcción y los niveles del Last Planner, ya que para el personal técnico era una nueva forma de trabajar.

Figura 34

Diapositiva 23



Fuente: Elaboración propia

Figura 35

Diapositiva 24



Fuente: Fuente propia

Figura 36

Diapositiva 25

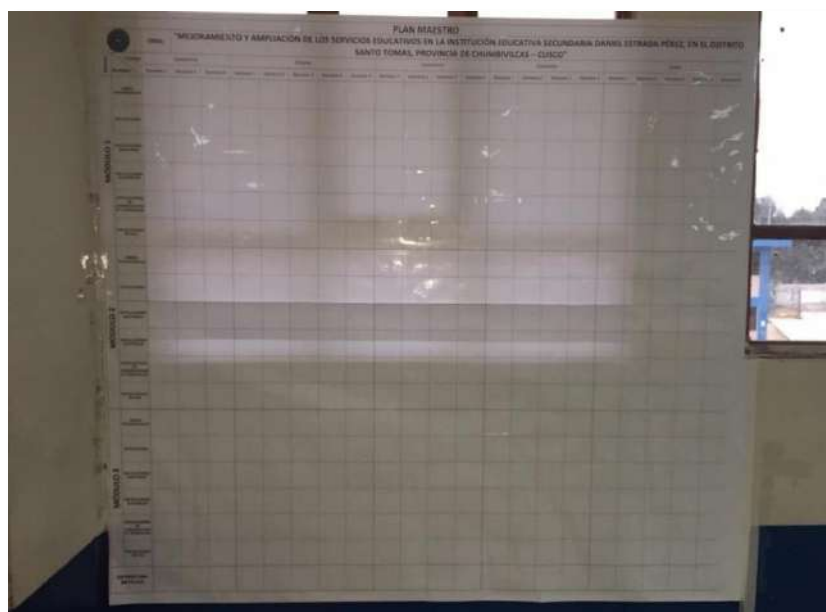


Fuente: Fuente propia

- Para el taller de la planificación maestra se elaboró un archivo Excel, el formato Plan Maestro, el cual fue impreso y se ubicó en el área de planificación maestra, dentro del BIG ROOM.

Figura 37

Formato para realizar la planificación maestra.



Fuente: Fuente propia



- Para realizar la planificación maestra de manera física se utilizó los Post-it, material que nos ayuda a definir los hitos y las diferentes actividades según las fechas consideraras por el equipo técnico.

Figura 38

Estructuración de Post-it



Fuente: Fuente propia

- Luego de realizar la charla de inducción y absolver las dudas que presentaba el equipo técnico como las consideraciones para el proceso constructivo y cuáles serían las secuencias correctas, tomando en cuenta el espacio a construir como la zona de encofrado, zona de almacenamiento de acero, zona de armado de acero, zona de almacenamiento de agregado, zona de almacenamiento de cemento y zona de preparación de la mezcla de concreto sumado a estas consideraciones se tomó en cuenta las distancias de movilidad para el traslado de los encofrados, traslado de acero pre-armado, traslado de premezclado, movilidad del personal y maquinarias a utilizar, de manera segura y eficiente, teniendo especificado todo lo mencionado se procedió a tomar apuntes para definir el alcance del proyecto y posteriormente se tenga un documento de ello.

A continuación, se procedió a explicar el llenado del formato ploteado con los Post-It, para establecer los hitos del proyecto según la estructuración que se planteó, teniendo como resultado los hitos del proyecto para la conclusión del casco estructural, en la tercera semana del mes de diciembre (sábado 21 de diciembre del 2021).



Figura 39

Absolución de Consultas.



Fuente: Fuente propia

Figura 40

Verificación de los Planos Referenciales



Fuente: Fuente propia



- Fijado los hitos en el Plan Maestro, se procedió a hacer la sesión Pull para la programación por fases para una duración de 4 meses, la cual se hizo pegando los Post-it llenando la tarea o actividad, su duración y la actividad predecesora a esta.

Figura 41

Generación de la planificación Maestra



Fuente: Fuente propia

c) Toma de Datos

Para obtener el Plan Maestro – Planificación por fases final como se observa en la tabla 15, se hicieron correcciones posteriores a la reunión, de acuerdo a un análisis de restricciones y aplicación de herramientas como los trenes de trabajo y sectorización.



Tabla 15

Plan Maestro - Planificación por Fases

 UAC Universidad Andina del Cusco		PLAN MAESTRO - PLANIFICACION POR FASES														
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ, EN EL DISTRITO SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO"														
Fechas		Septiembre		Octubre					Noviembre				Diciembre			
Partidas		Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	
ESTRUCTURAS		Tarea: ZAPATAS Duración: 2 Semanas Predecesora: Trazos, niveles y replanteo	Tarea: ZAPATAS Duración: 2 Semanas Predecesora: Trazos, niveles y replanteo	Tarea: VIGAS DE CONEXION Duración: 3 Semanas Predecesora: Trazos, niveles y replanteo	Tarea: VIGAS DE CONEXION Duración: 3 Semanas Tarea: COLUMNAS Y PLACAS (1er N.) Duración: 2 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS Duración: 4 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS Duración: 4 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (2do N.) Duración: 4 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (2do N.) Duración: 2 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (2do N.) Duración: 2 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (2do N.) Duración: 2 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (3er N.) Duración: 4 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (3er N.) Duración: 4 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (3er N.) Duración: 4 semanas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (3er N.) Duración: 4 semanas	
INSTALACIONES SANITARIAS			Tarea: VIGAS DE CONEXION. Duración: 3 semanas Predecesora: Trazo, niveles y replanteo		Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS Duración: 4 semanas Predecesora: Columnas y	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS Duración: 4 semanas Predecesora: Columnas y	Tarea: COLUMNAS Y PLACAS (2do N.) Duración: 2 semanas Predecesora: Vigas y losas	Tarea: COLUMNAS Y PLACAS (2do N.) Duración: 2 semanas Predecesora: Vigas y losas	Tarea: COLUMNAS Y PLACAS (3er N.) Duración: 2 semanas Predecesora: Vigas y losas	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (3er N.) Duración: 4 semanas Predecesora:	Tarea: VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS (3er N.) Duración: 4 semanas Predecesora:					
INSTALACIONES ELÉCTRICAS					Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	Tarea: INSTALACIÓN DE TUBERIAS PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES Duración: 9	
ARQUITECTURA											Tarea: Asentado de ladrillos muro cabeza y sogas 1er N. Duración: 2 semanas Predecesora: Losa	Tarea: Asentado de ladrillos muro cabeza y sogas 1er N. Tarea: Tarrajeo interior y exterior de muros, vigas, columnas en 1er N. Duración: 4 semanas	Tarea: Tarrajeo interior y exterior de muros, vigas, columnas en 1er N. Duración: 4 semanas Predecesora:	Tarea: Tarrajeo interior y exterior de muros, vigas, columnas en 1er N. Duración: 4 semanas Predecesora:	Tarea: Tarrajeo interior y exterior de muros, vigas, columnas en 1er N. Duración: 4 semanas Predecesora:	

Fuente: Elaboración Propia



3.5.1.2 *Proceso de Recolección de Datos para la Sectorización*

a) Equipos Utilizados

Los equipos para la recolección de datos para la sectorización fueron:

- Software Revit (Versión estudiantil) donde se realizó la generación de los metrados a través de la herramienta tabla de planificación, la cual nos permite cuantificar los diferentes metrados, según el elemento seleccionado.
- Laptop utilizada para manejar el software donde se realizó la cuantificación de los metrados de los diferentes módulos y proceder con la sectorización.

b) Procedimiento

El proceso de sectorización fue realizado de manera especial, ya que la distribución del proyecto era única, por lo que se priorizó los procesos constructivos para su correcta ejecución por parte de la supervisión, por lo que el procedimiento fue el siguiente.

- Se analizaron las consideraciones generales para realizar una sectorización de acuerdo a las recomendaciones, pues estas fueron:
 - Considerar en dividir una tarea o actividad de la obra en áreas o sectores.
 - En cada sector que comprenda una tarea o actividad debe tener una parte pequeña de la tarea total.
 - Cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual, para tener volúmenes aproximadamente iguales de trabajo.
 - La cantidad de tarea por sector deberá ser suficiente para realizarlo en 1 día.
 - Considerar la cuadrilla del personal o maquinaria necesaria para poder cumplir la tarea o actividad dentro de un día en cada sector.
 - Los procesos constructivos en las actividades diarias de cada sector deben ser aprobadas por la residencia y el supervisor.
- Se realizó la evaluación de los diferentes ambientes que conformaban la parte estructural del proyecto para iniciar con el proceso de sectorización, teniendo tres niveles del Módulo 01, éste compuesto a la vez por 2 aulas, 3 aulas, CRE y Laboratorios, donde se observó que cada ambiente es independiente por lo que la sectorización se consideró de la siguiente manera: 2 aulas (S1), 3 aulas (S2 y S3), CRE (S4) y Laboratorios (S5).

c) Toma de Datos



Teniendo la sectorización de acuerdo a las recomendaciones, presentamos el metrado de los 5 sectores con sus valores, donde podremos observar que estos valores numéricos no



tienen variaciones numéricas exponenciales, pero si considera una variación mayor al 10% de los diferentes sectores, esto por la distribución especial que tienen los elementos estructurales a ejecutar como parte de la investigación.

Tabla 16



Metrados sectorización zapatas

	Metrados por sectores cimentación estructural - zapatas		
Proyecto:	"Mejoramiento y ampliación de los servicios educativos en la institución educativa secundaria Daniel Estrada Pérez en el Distrito de Santo Tomas, Provincia de Chumbivilcas - Cusco"		
A	B	C	
1. Elemento	2. Sector	3. Volumen	
Zapatas	S1	48.35 m³	
Zapatas	S2	35.86 m³	
Zapatas	S3	28.46 m³	
Zapatas	S4	47.39 m³	
Zapatas	S5	37.68 m³	
Total general: 70		197.74 m³	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17



Metrados por sectores vigas de cimentación

	Metrados por sectores - vigas de cimentación		
Proyecto:	"Mejoramiento y ampliación de los servicios educativos en la institución educativa secundaria Daniel Estrada Pérez en el Distrito de Santo Tomas, Provincia de Chumbivilcas - Cusco"		
A	B	C	
1. Elemento	2. Sector	3. Volumen	
Vigas de conexión	S1	5.99 m³	
Vigas de conexión	S2	2.83 m³	
Vigas de conexión	S3	10.55 m³	
Vigas de conexión	S4	9.68 m³	
Vigas de conexión	S5	6.75 m³	
Total general		35.80 m³	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18



Metrados por sectores elementos verticales

	Metrados por sectores - elementos verticales		
Proyecto:	"Mejoramiento y ampliación de los servicios educativos en la institución educativa secundaria Daniel Estrada Pérez en el Distrito de Santo Tomas, Provincia de Chumbivilcas - Cusco"		
A	B	C	
1. Sector	2. Elemento	3. Volumen de concreto	
S1	Verticales	29.89 m ³	
S2	Verticales	21.33 m ³	
S3	Verticales	18.24 m ³	
S4	Verticales	26.74 m ³	
S5	Verticales	21.10 m ³	
Total general		117.30 m ³	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19



Metrados por sectores Acero Total

	Metrados por sectores - Acero Total		
Proyecto:	"Mejoramiento y ampliación de los servicios educativos en la institución educativa secundaria Daniel Estrada Pérez en el Distrito de Santo Tomas, Provincia de Chumbivilcas - Cusco"		
A	B	C	
1. Partida	2. Sector	3. Peso (Tn)	
ACERO DE REFUERZO G-60 Fy=4200 Kg/cm ²	S1	22.89	
ACERO DE REFUERZO G-60 Fy=4200 Kg/cm ²	S2	16.15	
ACERO DE REFUERZO G-60 Fy=4200 Kg/cm ²	S3	14.83	
ACERO DE REFUERZO G-60 Fy=4200 Kg/cm ²	S4	21.23	
ACERO DE REFUERZO G-60 Fy=4200 Kg/cm ²	S5	16.18	
Total general		91.28	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20

Metrado por sectores, Ladrillo Hueco de Arcilla

	Metrados por sectores - Ladrillo Hueco de Arcilla		
Proyecto:	"Mejoramiento y ampliación de los servicios educativos en la institución educativa secundaria Daniel Estrada Pérez en el Distrito de Santo Tomas, Provincia de Chumbivilcas - Cusco"		
A	B	C	
1. Elemento	2. Sector	3. Recuento	
LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15X30X30 cm	S1	3000	
LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15X30X30 cm	S2	2250	
LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15X30X30 cm	S3	2250	
LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15X30X30 cm	S4	2880	
LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15X30X30 cm	S5	2160	
Total general		12540	

Fuente: Elaboración Propia



3.5.1.3 Proceso de Recolección de Datos para Realizar los Trenes de Trabajo

El tren de trabajo será parte de la planificación propuesta en la presente investigación donde se tomarán las siguientes consideraciones.

- Realizar la planificación a 5 días en la semana.
- Considerar el día sábado y domingo de la semana como nuestro Buffer para alcanzar el cumplimiento del tren de trabajo semanal propuesto.

De esta manera implementaremos una correcta planificación que está sujeta al cumplimiento del cronograma lean.

a) Equipos Utilizados

Los equipos para realizar la elaboración de los trenes de trabajo fueron los siguientes:

- Laptop para el seguimiento y almacenamiento de los trenes de trabajo elaborados.
- Microsoft Excel, software donde se realizará los trenes de trabajo.
- Impresora, donde se realizará la impresión de los diferentes trenes de trabajo y sus aplicativos a lo largo de las semanas de planificación.

b) Procedimiento

El procedimiento para realizar la planificación de acuerdo a los trenes de trabajo fue de la siguiente manera:

- **Recibir la sectorización** final del proyecto, teniendo 5 sectores (2 aulas (S1), 3 aulas (S2 y S3), CRE (S4) y Laboratorios (S5).
- **Listar las actividades** a realizar para la ejecución de las partidas de estructuras tomando en cuenta el proceso constructivo y las actividades que aportaran valor a la ejecución física del proyecto.
- **Secuenciar** las actividades de acuerdo al proceso constructivo que se realizara en el proyecto, para su correcto desarrollo.
- **Dimensionar** las actividades de acuerdo a la capacidad de ejecución en el proyecto, respecto a las restricciones identificadas, tomando en cuenta la mano de obra requerida y contratada, maquinaria requerida y presente en el proyecto.

c) Toma de Datos

Luego de realizar el procedimiento para la elaboración de los trenes de trabajo tenemos el cronograma Lean, el cual fue aprobado por la residencia (Ver anexo 02), donde damos inicio con los trabajos en el proyecto el día 24 de Setiembre del 2019 como se observa en las siguientes tablas:



Tabla 21

Trenes de trabajo Semana 01 y Semana 02

 UAC Universidad Andina del Cusco		Planificación - Trenes de trabajo														
PROYECTO:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCION EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PEREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"														
ITEM	ACTIVIDADES	SETIEMBRE - 2019							OCTUBRE - 2019							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
		1ª SEMANA							2ª SEMANA							
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	
23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019	1/10/2019	2/10/2019	3/10/2019	4/10/2019	5/10/2019	6/10/2019			
01	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL															
1.1	ZAPATAS															
1.1.1	Excavacion de zapatas		Z_Ex1	Z_Ex4	Z_Ex2	Z_Ex3		Z_Ex5								
1.1.2	Eliminacion de material excedente			Z_E-M 1	Z_E-M 4	Z_E-M 2		Z_E-M 3	Z_E-M 5							
1.1.3	Perfilado y nivelado de zapatas			Z_Per1	Z_Per4	Z_Per2		Z_Pe3	Z_Per5							
1.1.4	Solado Zapatas				Z_S*1	Z_S*4		Z_S*2	Z_S*3	Z_S*5						
1.1.5	Colocado de parrillas					Z_CP*1		Z_CP*4	Z_CP*2	Z_CP*3	Z_CP*5					
1.1.6	Izado de verticales							C_P-Iz1	C_P-Iz4	C_P-Iz2	C_P-Iz3	C_P-Iz5				
1.1.7	Concreto en zapatas f'c=210 kg/cm2								Z_C*1	Z_C*4	Z_C*2	Z_C*3				
1.2	VIGAS DE CONEXIÓN															
1.2.1	Excavacion y perfilado para V.C									VC_Ex1	VC_Ex4	VC_Ex2				
1.2.2	Solado en V.C										VC_S1	VC_S4				
1.2.3	Armado de acero V.C											VC_Ac1				

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 22

Trenes de trabajo Semana 03 y Semana 04



ITEM		OCTUBRE - 2019		OCTUBRE - 2019		OCTUBRE - 2019		OCTUBRE - 2019		OCTUBRE - 2019		OCTUBRE - 2019		OCTUBRE - 2019	
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
ACTIVIDADES		3° SEMANA							4° SEMANA						
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
		7/10/2019	8/10/2019	9/10/2019	10/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	13/10/2019	14/10/2019	15/10/2019	16/10/2019	17/10/2019	18/10/2019	19/10/2019	20/10/2019
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL														
1.1	ZAPATAS														
1.1.7	Concreto en zapatas f'c=210 kg/cm2	Z_C*5													
1.2	VIGAS DE CONEXIÓN														
1.2.1	Excavacion y perfilado para V.C	VC_Ex3	VC_Ex5												
1.2.2	Solado en V.C	VC_S2	VC_S3	VC_S5											
1.2.3	Armado de acero V.C	VC_Ac4	VC_Ac2	VC_Ac3	VC_Ac5										
1.2.4	Encofrado V.C	VC_E1	VC_E4	VC_E2	VC_E3	VC_E5									
1.2.5	Concreto en VC f'c=210 kg/cm2		VC-C*1	VC-C*4	VC-C*2	VC-C*3			VC-C*5						
1.2.6	Desencofrado de V.C			VC-D*1	VC-D*4	VC-D*2			VC-D*3	VC-D*5					
1.2.7	Relleno y compactado			VC-R_P1	VC-R_P4	VC-R_P2			VC-R_P3	VC-R-E5					
1.3	COLUMNAS Y PLACAS														
1.3.1	Replanteo de verticales				C_P-Re1	C_P-Re4			C_P-Re2	C_P-Re3	C_P-Re5				
1.3.2	Encofrado de verticales					C_P-E1			C_P-E4	C_P-E2	C_P-E3	C_P-E5			
1.3.3	Concreto de verticales								C_P-C*1	C_P-C*4	C_P-C*2	C_P-C*3	C_P-C*5		
1.3.4	Desencofrado de verticales									C_P-D1	C_P-D4	C_P-D2	C_P-D3		
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA														
1.4.1	Encofrado de fondo de vigas										V-E1	V-E4	V-E2		
1.4.2	Armado de acero en vigas											V-A Ac1	V-A Ac4		
1.4.3	Encofrado laterales interior vigas												V-E11		

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 23

Trenes de trabajo Semana 05 y Semana 06

 UAC Universidad Andina del Cusco		Planificación - Trenes de trabajo														
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"														
Item	ACTIVIDADES	OCTUBRE - 2019							OCTUBRE - 2019							
		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
		5ª SEMANA							6ª SEMANA							
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	
		21/10/2019	22/10/2019	23/10/2019	24/10/2019	25/10/2019	26/10/2019	27/10/2019	28/10/2019	29/10/2019	30/10/2019	31/10/2019	1/11/2019	2/11/2019	3/11/2019	
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL															
1.3	COLUMNAS Y PLACAS															
1.3.4	Desencofrado de verticales	C_P - D5														
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA															
1.4.1	Encofrado de fondo de vigas	V - E3	V - E5													
1.4.2	Armado de acero en vigas	V - A Ac2	V - A Ac3	V - A Ac5												
1.4.3	Encofrado laterales interior vigas	V - E_L4	V - E_L2	V - E_L3	V - E_L5											
1.4.4	Encofrado de fondo de losa	LA - E1	LA - E4	LA - E2	LA - E3	LA - E5										
1.4.5	Armado de acero en vigas chatas		V CH - A Ac1	V CH - A Ac4	V CH - A Ac2	V CH - A Ac3										
1.4.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	LA-LH1	LA-LH4	LA-LH2	LA-LH3											
1.4.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria	LA-IT_L3	LA-IT_L4	LA-IT_L2	LA-IT_L3											
1.4.8	Armado de acero en viguetas		LA_V - A Ac1	LA_V - A Ac4	LA_V - A Ac2											
1.4.9	Armado acero de temperatura				LA - T - A Ac1	LA - A Ac4										
1.4.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente				LA-IT_T1	LA-IT_T4										
1.4.11	Encofrado de frisos de losa				LA-E_F1	LA-E_F4										
1.4.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2					V_LA - C*1										
1.4.13	Desencofrado de losa															
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL															
2.1	COLUMNAS Y PLACAS															
2.1.1	Replanteo de verticales															
2.1.2	Armado de acero en verticales															
2.1.3	Encofrado de verticales															
2.1.4	Concreto de verticales															
2.1.5	Desencofrado de verticales															

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 24

Trenes de trabajo Semana 7 y Semana 08

 Planificación - Trenes de trabajo 															
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"															
Item	ACTIVIDADES	NOVIEMBRE 2019							NOVIEMBRE 2019						
		42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
		7° SEMANA							8° SEMANA						
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
4/11/2019	5/11/2019	6/11/2019	7/11/2019	8/11/2019	9/11/2019	10/11/2019	11/11/2019	12/11/2019	13/11/2019	14/11/2019	15/11/2019	16/11/2019	17/11/2019		
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL														
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA														
1.4.13	Desencofrado de losa	LA-DE 4	LA-DE2-3	LA-DE 5											
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL														
2.1	COLUMNAS Y PLACAS														
2.1.1	Replanteo de verticales	C_P- Re3	C_P- Re5												
2.1.2	Armado de acero en verticales	C_P- AAc3	C_P- AAc5												
2.1.3	Encofrado de verticales	C_P- E2	C_P- E3	C_P- E5											
2.1.4	Concreto de verticales		C_P- C2	C_P- C3	C_P- C5										
2.1.5	Desencofrado de verticales	C_P- D4		C_P- D2	C_P- D3	C_P- D5									
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA														
2.2.1	Encofrado de fondo de vigas	V- EF1	V- EF4	V- EF2	V- EF3	V- EF5									
2.2.2	Armado de acero en vigas		V- AA1	V- AA4	V- AA2	V- AA3									
2.2.3	Encofrado laterales interior vigas			V- E_L1	V- E_L4	V- E_L2									
2.2.4	Encofrado de fondo de losa				LA- E1	LA- E4									
2.2.5	Armado de acero de vigas chatas					VCH- AAc1									
2.2.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm					LA-LH1									
2.2.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria					LA-IT_1 1									
2.2.8	Armado acero en viguetas														
2.2.9	Armado acero de temperatura														
2.2.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente														
2.2.11	Encofrado de frisos de losa														
2.2.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2														
2.2.13	Desencofrado de losa														
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL														
3.1	COLUMNAS Y PLACAS														
3.1.1	Replanteo de verticales											C_P- Re1	C_P- Re4		
3.1.2	Armado de acero en verticales											C_P- AAc1	C_P- AAc4		
3.1.3	Encofrado de verticales												C_P- E1		

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 25

Trenes de trabajo Semana 09 y Semana 10

 UAC Universidad Andina del Cusco		Planificación - Trenes de trabajo														
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"		NOVIEMBRE 2019						NOVIEMBRE 2019								
Item	ACTIVIDADES	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	
		9° SEMANA						10° SEMANA								
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	
		18/11/2019	19/11/2019	20/11/2019	21/11/2019	22/11/2019	23/11/2019	24/11/2019	25/11/2019	26/11/2019	27/11/2019	28/11/2019	29/11/2019	30/11/2019	1/12/2019	
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL															
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA															
2.2.9	Armado acero de temperatura															
2.2.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente	IA-T-AAc5														
2.2.11	Encofrado de frisos de losa	IA-E-F5														
2.2.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2	V_LA-C'2-3	V_LA-C'5													
2.2.13	Desencofrado de losa		V_LA-De1	V_LA-De2			V_LA-De2-3		V_LA-De5							
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL															
3.1	COLUMNAS Y PLACAS															
3.1.1	Replanteo de verticales		C_P-Re2	C_P-Re3	C_P-Re5											
3.1.2	Armado de acero en verticales		C_P-AAc2	C_P-AAc2-3	C_P-AAc5											
3.1.3	Encofrado de verticales	C_P-E1		C_P-E2	C_P-E3	C_P-E5										
3.1.4	Concreto de verticales	C_P-C'1	C_P-C'4		C_P-C'2	C_P-C'3			C_P-C'5							
3.1.5	Desencofrado de verticales		C_P-D1	C_P-D4		C_P-D2			C_P-D3	C_P-D5						
3.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA															
3.2.1	Encofrado de fondo de vigas			V-EF1	V-EF4	V-EF2			V-EF3	V-EF5						
3.2.2	Armado de acero en vigas				V-AAc1	V-AAc4			V-AAc2	V-AAc3	V-AAc5					
3.2.3	Encofrado laterales vigas					V-EL1			V-EL4	V-EL2	V-EL3	V-EL5				
3.2.4	Encofrado de fondo de losa horizontal					LA-E1			LA-E4	LA-E2	LA-E3	LA-E5				
3.2.5	Armado de acero de vigas chatas								V-CH-AAc1	V-CH-AAc4	V-CH-AAc2	V-CH-AAc3	V-CH-AAc5			
3.2.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm								LA-LH1	LA-LH4	LA-LH2	LA-LH3	LA-LH5			
3.2.7	Inst. de tuberías eléctricas alumbrado								LA-IT1	LA-IT4	LA-IT2	LA-IT3	LA-IT5			
3.2.8	Colocado acero en viguetas									LA-AAc1	LA-AAc4	LA-AAc2	LA-AAc3			
3.2.9	Colocado acero de temperatura									LA-AAc1	LA-AAc4	LA-AAc2	LA-AAc3			
3.2.10	Encofrado frisos losa									LA-E-F1	LA-E-F4	LA-E-F2	LA-E-F3			
3.2.11	Concreto en vigas y losa horizontal F'c=210 Kg/cm2										V_IA-C'1	V_IA-C'4				
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA															
4.1	VIGAS Y LOSA INCLINADA															
4.1.1	Acero en verticales techo											C_P-Ac1	C_P-Ac4			
4.1.2	Asentado de ladrillos											ALA1	ALA4			
4.1.3	Encofrado de fondo de vigas - techo												VI-E1			

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 26

Trenes de trabajo Semana 11 y Semana 12

 UAC Universidad Andina del Cusco		Planificación - Trenes de trabajo														
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"		DICIEMBRE 2019							DICIEMBRE 2019							
Item	ACTIVIDADES	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	
		11ª SEMANA							12ª SEMANA							
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	
		2/12/2019	3/12/2019	4/12/2019	5/12/2019	6/12/2019	7/12/2019	8/12/2019	9/12/2019	10/12/2019	11/12/2019	12/12/2019	13/12/2019	14/12/2019	15/12/2019	
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL															
3.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA															
3.2.8	Colocado acero en viguetas															
3.2.9	Colocado acero de temperatura															
3.2.10	Encofrado frisos losa															
3.2.11	Concreto en vigas y losa horizontal F'c=210 Kg/cm2															
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA															
4.1	VIGAS Y LOSA INCLINADA															
4.1.1	Acero en verticales techo															
4.1.2	Asentado de ladrillos															
4.1.3	Encofrado de fondo de vigas - techo															
4.1.4	Armado de acero en vigas de techo															
4.1.5	Encofrado laterales interior vigas															
4.1.6	Encofrado de losa inclinado															
4.1.7	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm															
4.1.8	Armado acero en viguetas techo															
4.1.9	Armado acero de temperatura techo															
4.1.10	Inst. de tuberías eléctricas luminaria															
4.1.11	Concreto en losa inclinada F'c=210 Kg/cm2															

Fuente: Elaboración Propia



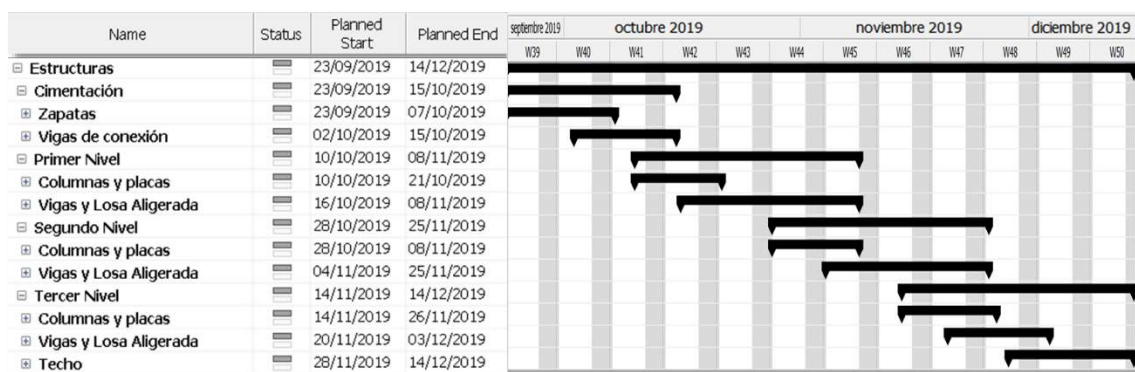
Al realizar la planificación mediante los trenes de trabajo tenemos la siguiente programación como fecha de inicio y fin:

- Inicio: martes 24 de septiembre del 2019 - Excavación de zapatas en el sector 01.
- Fin: sábado 14 de diciembre del 2019 - Vaciado de concreto en losa inclinada $F'c=210$ Kg/cm², teniendo el día Domingo 15 de diciembre como buffer para cumplir la planificación.

En la figura 42 observamos la planificación general para realizar la simulación 4D siendo un total de 82 días calendario el cual representa 12 semanas, esta planificación general es el cronograma lean por los procesos lean que se realizó para obtenerla (ver Anexo 02 para el detallado), conformadas entre la última semana de septiembre y la segunda semana de diciembre.

Figura 42

Planificación general mediante los trenes de trabajo.



Fuente: Fuente propia

3.5.1.4 Proceso de Recolección de Datos para Realizar la Matriz de Restricciones

a) Equipos Utilizados

Los equipos para realizar la elaboración de la Matriz de Responsabilidades fueron los siguientes:

- Laptop para el seguimiento y almacenamiento de la Matriz de Restricciones.
- Microsoft Excel, software donde se realizará la Matriz de Restricciones.

b) Procedimiento

El procedimiento para realizar la Matriz de Restricciones fueron los siguientes:

- Una vez concluido los trenes de trabajo y como parte de la planificación intermedia (Lookahead) procederemos a construir nuestra Matriz de Restricciones, para ello es



primordial tener identificadas las partidas a ejecutar y las actividades que involucran ejecutar las partidas.

- Una vez identificadas las actividades involucradas, procedemos a describir las restricciones que existen para realizar dicha actividad con un horizonte de 3 semanas y consecuentemente se identifica a qué tipo de restricción pertenece, en las cuales manejamos 7 tipos de restricciones: Seguridad, Información, Espacio, Materiales, Personas, Requisitos y Equipos.

Finalmente asignamos la prioridad con la que se debe levantar la restricción, los responsables de levantar la restricción, la fecha en la cual se requiere ser levantada, la fecha de compromiso a ser levantada y la fecha que realmente se levanta la restricción, todo este proceso corresponde a la planificación intermedia (lookahead), este proceso es clave para poder cumplir con el cronograma lean y no incurrir en ampliaciones de plazo.

c) Toma de Datos

Una vez tomado los datos, obtendremos el siguiente formato llenado de Matriz de Restricciones: (Ver Completo en anexo 6)

Tabla 27

Tabla Ejemplo de llenado de Matriz de Restricciones

 UAC Universidad Andina del Cusco		MATRIZ DE RESTRICCIONES SEMANA 3													
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ, EN EL DISTRITO SANTO TOMÁS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO"												FECHA DE ANÁLISIS : 20/09/2019			
ACTIVIDADES DEL TREN DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN DE RESTRICCIÓN	SEGURIDAD	INFORMACIÓN	ESPACIO	MATERIALES	PERSONAS	REQUISITOS	EQUIPOS	PRIORIDAD	CARGO	PERSONA	FECHA REQUER.	FECHA COMPR.	FECHA LEVANT.	A TIEMPO (AT) / FUERA DE TIEMPO (FT)
Replanteo en verticales	Disponibilidad de materiales y herramientas necesarias	0	0	0	1	0	0	0	MEDIA	Administración	Lic. William	11/10/2019	08/10/2019	18/09/2019	AT
	Suficiente personal calificado	0	0	0	0	1	0	0	MEDIA	Administración	Lic. William	11/10/2019	08/10/2019	18/09/2019	AT
	Revisión de planos	0	1	0	0	0	0	0	MEDIA	Producción N	Ing. Nilton Cotohuanca	11/10/2019	08/10/2019	18/09/2019	AT
	Control final de los ejes de las columnas	0	0	0	0	0	1	0	ALTA	Topógrafo	Ing. Freddy Quispe	11/10/2019	10/11/2019	12/10/2019	AT
Encofrado en verticales	Suficiente personal calificado	0	0	0	0	1	0	0	MEDIA	Administración	Lic. William	11/10/2019	08/10/2019	16/10/2019	FT
	Equipos y herramientas necesarias	0	0	0	0	0	0	1	MEDIA	Administración	Lic. William	11/10/2019	08/10/2019	05/10/2019	AT
	Materiales disponibles en obra	0	0	0	1	0	0	0	MEDIA	Administración	Lic. William	11/10/2019	08/10/2019	05/10/2019	AT
	Control de calidad del material de encofrado	0	0	0	0	0	1	0	MEDIA	Calidad	Ing. Ana Lima	11/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	FT
	Contar con los planos y especificaciones de las vigas de conexión	0	1	0	0	0	0	0	MEDIA	Producción N	Ing. Nilton Cotohuanca	11/10/2019	08/10/2019	05/10/2019	AT
	Espacio para realizar el habilitado y corte de madera	0	0	1	0	0	0	0	MEDIA	Producción N	Ing. Nilton Cotohuanca	11/10/2019	08/10/2019	04/10/2019	AT
	Transporte de los materiales y herramientas	0	0	0	0	0	1	0	MEDIA	Producción J	Ing. Jose Luis Meza	11/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	FT
	Control de dimensiones y formas para el encofrado	0	0	0	0	0	1	0	ALTA	Calidad	Ing. Ana Lima	11/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	FT
	Control de calidad del encofrado	0	0	0	0	0	1	0	ALTA	Calidad	Ing. Ana Lima	11/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	FT
Aseguramiento del encofrado	0	0	0	0	0	1	0	ALTA	Ssoma	Ing. Marleni Aguilar	11/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	FT	
		3	15	4	10	10	22	14	78						
RESTRICCIONES LEVANTADAS A TIEMPO = 66									86%						
RESTRICCIONES LEVANTADAS FUERA DE TIEMPO = 12									16%						
TOTAL DE RESTRICCIONES = 78									100%						

Fuente: Fuente propia



3.5.2 Proceso de Recolección de Datos para Determinar el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y las Causas de Incumplimiento (CI).

a) Equipos Utilizados

Los equipos utilizados en el proceso de recolección de datos para determinar el porcentaje de plan cumplido son:

- Formato del Plan Semanal - Análisis de PPC - Análisis de CI
- Laptop, para almacenar los datos e información recopilada
- Microsoft Excel, software que se utilizó para realizar el formato antes mencionado y trabajar en él.

b) Procedimiento

El procedimiento para realizar la recolección de datos para determinar el PPC y las CI fue de la siguiente manera:

- **Recibir la planificación según los trenes de trabajo sectorización** para agregarlos al formato del Plan Semanal - Análisis de PPC - Análisis de CI.
- Una vez adecuado los trenes de trabajo al formato, se procede a hacer un análisis al termino de cada semana, en el cual **se anotará el porcentaje de avance real** que se tuvo en las actividades planificadas pertenecientes a los trenes de trabajo.
- Al tener el análisis del PPC, se procede a determinar la causa por la que no se cumplió la actividad programada, **anotando el código de la CI identificada.**

c) Toma de Datos

Finalmente tomados los datos, obtenemos el siguiente formato del Plan Semanal - Análisis de PPC - Análisis de CI, llenado:



Tabla 28

Plan Semanal – Semana 1

UAC		Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana 1										UAC		
PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"														
Tipo de Causas de Incumplimiento:														
		1. Condiciones inseguras		3. Espacio no liberado		5. Personal no disponible		7. Cambio en la secuencia		9. Cambio de alcance		11. Me olvidé		
		2. Información no disp.		4. Materiales no disp.		6. Predecesora no completa		8. Estimación incorrecta		10. Variaciones no previstas		12. Maquinaria no disponible		
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	SEPTIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		1ª SEMANA								
						0	1	2	3	4	5	6		
						L	M	M	J	V	S	D		
						23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019		
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL													
1.1	ZAPATAS													
1.1.1	Excavación de zapatas		100%	75%	0		Z_Ex1	Z_Ex4	Z_Ex2		Z_Ex3		12	
1.1.2	Eliminación de material excedente		100%	100%	1		Z_E-M 1	Z_E-M 4	Z_E-M 2					
1.1.3	Perfilado y nivelado de zapatas		100%	100%	1		Z_Per1	Z_Per4	Z_Per2					
1.1.4	Solado Zapatas		100%	100%	1			Z_S*1	Z_S*4					
1.1.5	Colocado de parrillas		100%	100%	1				Z_CP*1					
PPC = Total de actividades cumplidas () / Total de actividades programadas ()											PPC=			

3.5.3 Proceso de Recolección de Datos para Determinar la Productividad en el Vaciado de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

d) Equipos Utilizados

Los equipos utilizados en el proceso de recolección para medir la productividad en obra son:

- Formato de Carta Balance
- Lapiceros
- Cronómetro

e) Procedimiento

El procedimiento para la recolección de datos para determinar la productividad en el vaciado de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, fueron las siguientes:

- Primero, se identifican todas las actividades que intervienen en la realización de las partidas a medir su productividad, estas actividades incluyen a las que aportan valor, a las actividades que son necesarias pero que no aportan valor en sí y a las actividades que no aportan valor alguno.
- A las actividades identificadas se les asigna un código y se las agrupa en una categoría de trabajo según sean el valor que aportan en la realización del trabajo final, las cuales en este caso fueron como se aprecian en las siguientes tablas:



Tabla 29

Categorías de Trabajo para Vaciado de Concreto en Verticales

VACIADO DE CONCRETO EN VERTICALES		
CATEGORIA	CODIGO	ACTIVIDADES
Trabajo Productivo (TP)	CC	Colocado de concreto
	VC	Vibrado del concreto
Trabajo Contributorio (TC)	I	Dar o recibir instrucciones
	TM	Transportar mezcla de concreto
	TE	Transportar equipos o herramientas
	L	Colocar lechada
	CM	Carguio de la mezcla
	SV	Sostener Vibradora
	AA	Armar y asegurar andamios
	S	Tomar medidas de seguridad
Trabajo No Contributorio (TNC)	E	Esperas
	SZ	Salir de la zona
	TO	Tiempos ociosos
	R	Retrabajos
	D	Descansos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Categorías de Trabajo para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas

VACIADO DE CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS		
CATEGORIA	CODIGO	ACTIVIDADES
Trabajo Productivo (TP)	CC	Colocado de concreto
	VC	Vibrado del concreto
	R	Reglado
Trabajo Contributorio (TC)	I	Dar o recibir instrucciones
	CM	Carguio de la mezcla
	TM	Transportar mezcla de concreto
	TE	Transportar equipos o herramientas
	W	Manejo del winche
	LM	Lampear mezcla de concreto
Trabajo No Contributorio (TNC)	E	Esperas
	SZ	Salir de la zona
	TO	Tiempos ociosos
	R	Retrabajos
	D	Descansos

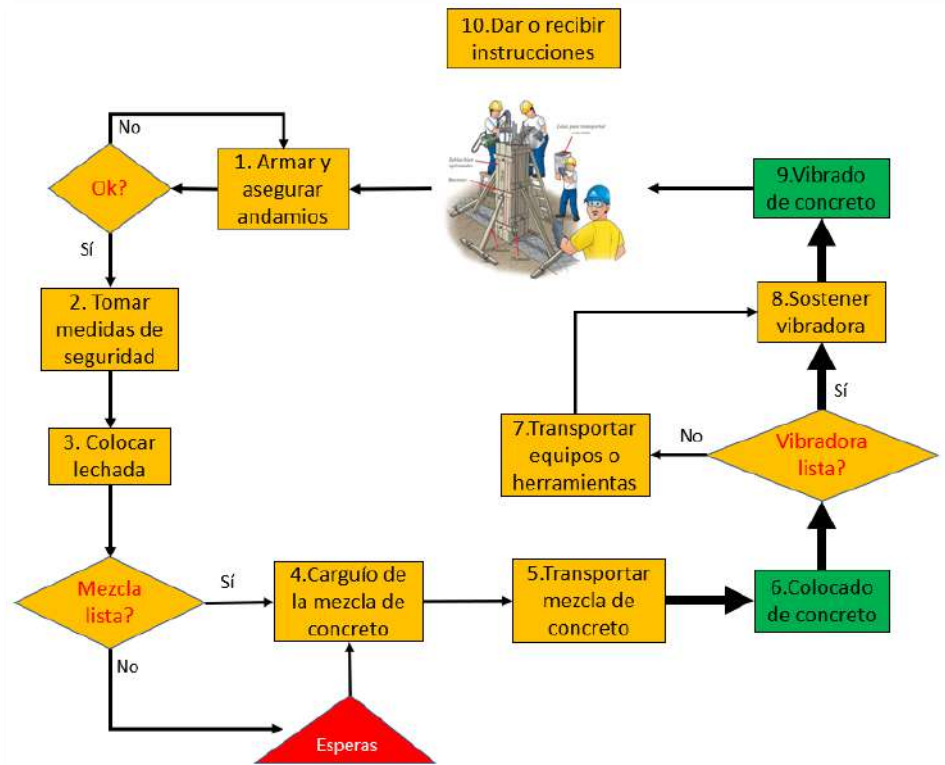
Fuente: Elaboración propia

- Teniendo las actividades identificadas y debidamente codificadas, formulamos un diagrama de flujo de las actividades para entender gráficamente la secuencia en la que se desarrollan las actividades identificadas, estos diagramas los observamos en las figuras 43 y 44.



Figura 43

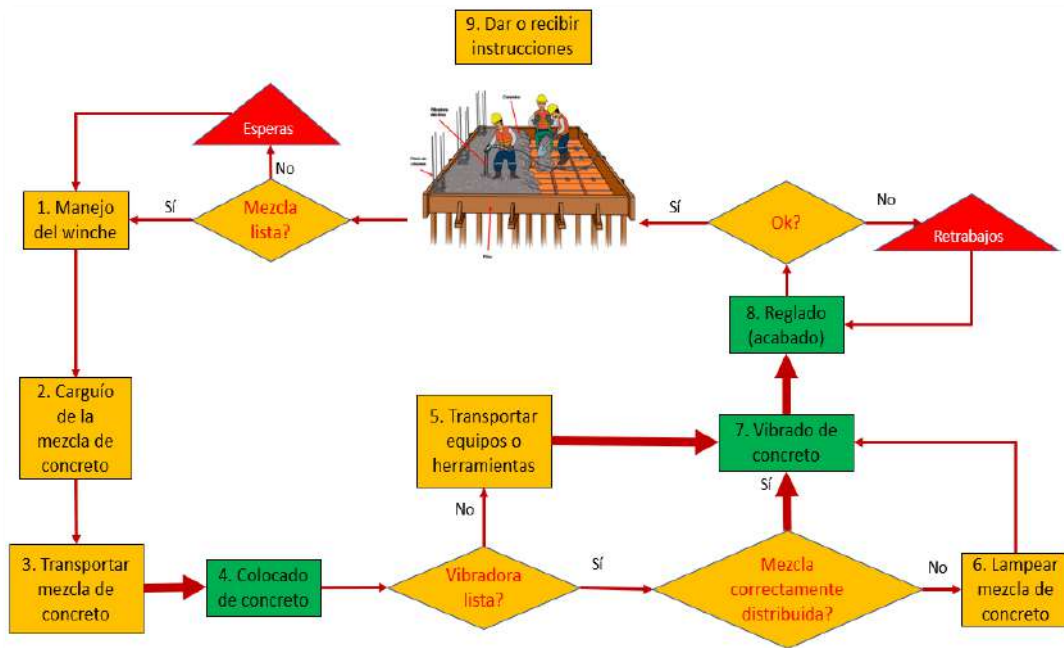
Diagrama de flujo para Vaciado de Concreto en Verticales



Fuente: Elaboración propia

Figura 44

Diagrama de flujo para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas



Fuente: Elaboración propia



- Finalmente, nos dirigimos a campo en las fechas establecidas al realizado de las actividades con los formatos de Carta Balance, con ello el muestreador o investigador se ubica en una zona donde le sea posible observar todas las actividades que se realizan para ejecutar la partida y comienza a anotar los códigos según sea la ocurrencia de las actividades cada minuto.

Figura 45

Toma de datos Carta Balance para Vaciado de Concreto en Losa Aligerada Sector 1



Fuente: Fuente propia


f) Toma de Datos

Finalmente tomados los datos, obtenemos los siguientes formatos de Cartas Balance llenados, con sus títulos respectivos que llevan la codificación: Carta Balance Semana_Actividad_Nivel_Sector_Cuadrilla/Medición_Fecha (para ver todas las cartas balance dirigirse a los anexos 07 – 12):



Tabla 32

Carta Balance S6_Co-VLo_N1_S1_CIA_25-10-19

		FORMATO DE MEDICION PARA LA PRODUCTIVIDAD										Revisión: 1		
		AREA DE PLANIFICACION										Fecha: 25-10-19		
		CARTA DE BALANCE										Página 1 de 44		
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ, CUSCO"										ACTIVIDAD: Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas			
MUESTREADOR:											DESCRIPCIÓN: Módulo 1 - Sector 1 (2aulas)			
N° FORMULARIO:											FECHA:	25/10/2019	HORA INICIO:	10:30:00 a. m.
MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE														
MÉ	HOR	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	OBSERVACIONES		
1	10:30	CM	CM	CC	TM	E	I	VC	I					
2	10:31	CM	CM	E	CC	TM	R	VC	I					
3	10:32	CM	CM	TM	D	CC	I	VC	I					
4	10:33	E	E	E	E	R	R	E	D					
5	10:34	E	E	E	E	E	E	E	D					
6	10:35	CM	CM	CC	TM	CC	LM	VC	I					
7	10:36	CM	CM	TE	CC	TM	LM	VC	I					
8	10:37	D	CM	TM	E	CC	LM	VC	LM					
9	10:38	CM	CM	CC	TM	E	LM	VC	LM					
10	10:39	CM	CM	E	CM	TM	LM	VC	I					
11	10:40	E	E	E	E	E	LM	VC	I					
12	10:41	CM	CM	CM	CM	CM	LM	LM	VC					
13	10:42	CM	CM	CC	CC	CC	R	TE	VC					
14	10:43	CM	CM	TM	CM	CM	I	TE	VC					
15	10:44	CM	CM	CC	E	CM	R	VC	I					
16	10:45	E	E	E	TM	E	TE	VC	I					
17	10:46	E	E	E	CC	E	E	VC	I					
18	10:47	E	E	E	E	E	E	E	E					
19	10:48	E	CC	CC	CM	LM	LM	VC	I					
20	10:49	CM	CM	CM	CC	LM	LM	VC	I					
21	10:50	CM	TM	CM	E	LM	LM	VC	I					
22	10:51	CM	CM	E	CC	LM	CC	VC	LM					
23	10:52	CM	TM	CM	CC	LM	I	VC	LM					
24	10:53	CM	CM	LM	CC	CC	I	LM	VC					
25	10:54	CM	CM	LM	TM	D	LM	LM	VC					
26	10:55	E	E	E	E	VC	E	TE	VC					
27	10:56	CM	CM	LM	TM	E	LM	VC	I					
28	10:57	CM	CC	LM	E	CM	CC	VC	I					
29	10:58	CM	E	LM	CM	CC	I	LM	VC					
30	10:59	E	E	E	E	E	I	E	VC					
31	11:00	E	E	E	E	E	E	E	E					
32	11:01	CM	CM	CM	CC	E	CC	LM	VC					
33	11:02	CM	CM	LM	CC	E	LM	LM	VC					
34	11:03	CM	E	D	CM	CC	I	LM	VC					
35	11:04	CM	CC	LM	TM	CM	E	LM	VC					
36	11:05	CM	E	LM	CM	CC	CC	LM	VC					
37	11:06	E	CC	E	E	TM	E	LM	VC					
38	11:07	CM	CM	LM	TM	CC	D	LM	VC					
39	11:08	CM	CC	LM	CM	E	CC	TO	VC					
40	11:09	CM	TM	LM	CC	CM	CC	LM	VC					
41	11:10	E	E	E	TM	CC	LM	LM	VC					
42	11:11	CM	CM	LM	CC	E	CC	LM	VC					
43	11:12	CM	TM	LM	CC	CM	CC	E	VC					
44	11:13	CM	CM	LM	CC	E	E	LM	VC					
45	11:14	CM	D	LM	D	CC	LM	LM	VC					
46	11:15	CM	CM	LM	CC	CC	LM	LM	E					
47	11:16	CM	CM	LM	TM	CC	LM	D	D					
48	11:17	CM	D	LM	CM	D	R	LM	VC					
49	11:18	CM	TM	LM	D	TM	LM	VC	TE					
50	11:19	E	CC	LM	CC	E	R	LM	VC					
51	11:20	CM	CM	LM	TM	CC	R	LM	VC					
52	11:21	CM	CC	LM	CM	TM	R	LM	VC					
53	11:22	CM	CM	LM	TM	CC	R	TE	VC					
54	11:23	CM	TM	LM	CC	CM	R	LM	VC					
55	11:24	E	CC	LM	CM	CC	R	LM	VC					
56	11:25	CM	D	LM	D	CM	R	LM	VC					
57	11:26	CM	D	LM	CM	CC	LM	LM	VC					
58	11:27	CM	CC	LM	TM	CM	R	LM	VC					
59	11:28	E	E	E	E	E	E	E	I					
60	11:29	E	E	E	E	E	R	E	VC					

Clasificación del Recurso:

Actividad	Nombre / Código
I	Fernando Pe1
II	Santiago Pe2
III	Rene Pe3
IV	Roberto Pe4
V	Basilio Pe5
VI	Simeon Pe6
VII	Lorenza Pe7
VIII	William Pe8
IX	
X	

Clasificación del Trabajo:

Clasificación	Descripción
TRABAJO PRODUCTIVO:	
CC	Colocado de concreto
VC	Vibrado de concreto
R	Reglado (acabado)
TRABAJO CONTRIBUTORIO:	
I	Dar o recibir instrucciones
CM	Carguo de mezcla
TM	Transportar mezcla
TE	Transportar equipos o herramientas
W	Manejo del Winche
LM	Lampear mezcla de concreto
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO:	
E	Esperas
SZ	Salir de la zona
TO	Tiempo ocioso
D	Descansos

Fuente: Fuente propia



3.5.4 Proceso de Recolección de Datos para Determinar el Grado de Percepción de los Profesionales en el Incremento de la Productividad en la Simulación 4D.

3.5.4.1 Modelado 3D

a) Equipos Utilizados

Los equipos para la recolección de datos en el proceso de modelamiento 3D fueron los siguientes elementos:

- Laptop para realizar el modelamiento digital 3D.
- Autodesk Revit, software que permite la modelación digital 3D.
- Impresora, donde se realizará la impresión de los planos y modelos 3D para su verificación.
- Proyector multimedia donde se hizo la presentación del modelo 3D.

b) Procedimiento

Para realizar el modelamiento 3D se realizó actividades de coordinación entre los diferentes especialistas participes en el proyecto, como fueron:

- Recepción de planos estructurales para su evaluación.
- Levantamiento de incompatibilidades de los planos estructurales.
- Los planos para realizar el modelamiento estructural deberán ser aprobados por los encargados del proyecto, para iniciar el modelamiento estructural 3D.
- Levantamiento topográfico preliminar, para obtener los puntos topográficos del terreno.
- Realización del cronograma de entrega del modelamiento de las partidas estructurales que se muestra a en la tabla 33:

Tabla 33

Esquema de Trabajo para el Modelado en Revit de las Partidas Estructurales

ESQUEMA DE TRABAJO PARA EL MODELADO EN REVIT DE LAS PARTIDAS ESTRUCTURALES									
Especialidad/Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5/09/2019	6/09/2019	7/09/2019	8/09/2019	9/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019
Modelamiento superficie topografica									
Topografia	■								
Excavaciones	■								
Modelamiento Estructural									
Concreto	■	■							
Acero		■	■	■	■	■			
Encofrado			■	■	■	■	■		
Modelamiento Instalaciones									
Inst. de tuberías electricas alumbradas							■	■	■
Inst. de tuberías electricas tomacorriente							■	■	■

Fuente: Elaboración Propia



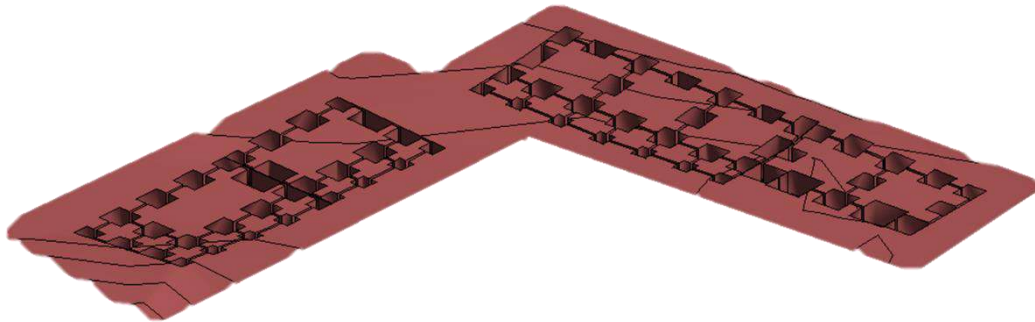
- Presentación del modelado 3D a los involucrados en el proyecto, para recibir sus apreciaciones y recomendaciones.

c) Toma de Datos

En las figuras que se muestran a continuación se observa los diferentes modelos 3D elaborados como parte del proyecto.

Figura 46

Modelamiento 3D de la Superficie Topográfica y Excavaciones



Fuente: Fuente propia.

Figura 47

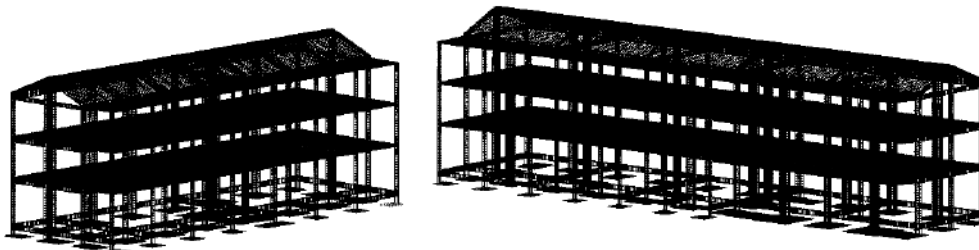
Modelado 3D Correspondiente al Concreto



Fuente: Fuente propia

Figura 48

Modelado 3D, Correspondiente al Acero



Fuente: Fuente propia



Figura 49

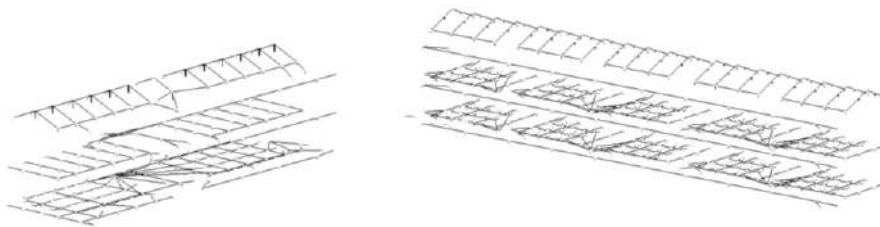
Modelado 3D Correspondiente al Encofrado



Fuente: Fuente propia

Figura 50

Modelamiento 3D de Instalaciones Eléctricas Correspondientes a Luminarias y Tomacorrientes



Fuente: Elaboración propia

3.5.4.2 Simulación 4D

a) Equipos Utilizados

Los equipos para realizar el proceso de simulación 4D fueron los siguientes:

- Laptop para realizar de la programación y simulación 4D.
- Autodesk Navisworks, software utilizado para realizar el vínculo entre los modelamientos realizados, correspondientes a las partidas estructurales.
- Proyector multimedia que servirá para visualizar la ejecución de proyectos de acuerdo a la planificación y modelo a través de una simulación.

b) Procedimiento

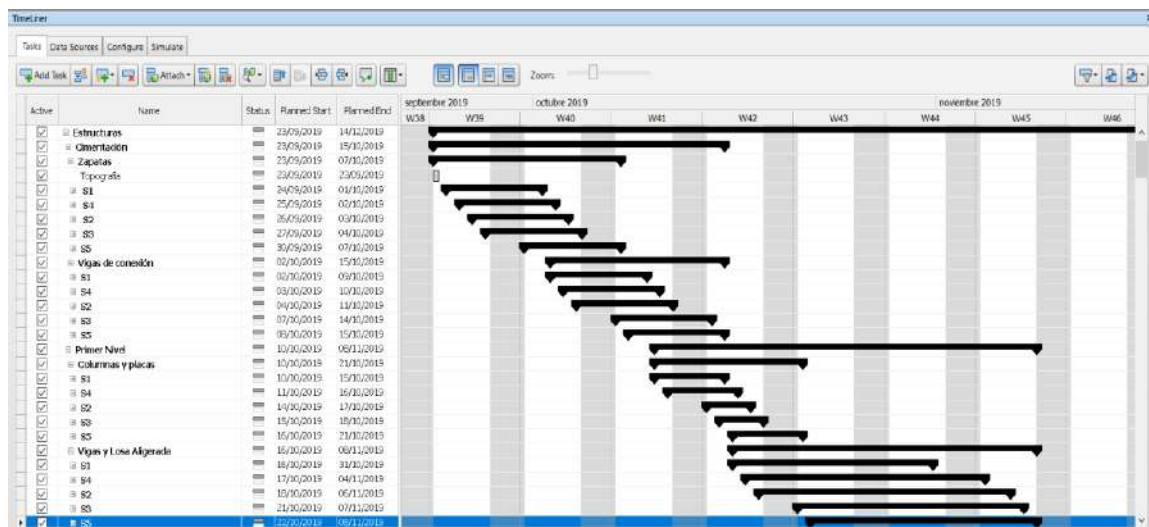
Para poder ejecutar la simulación 4D, tendremos presente que se requieran componentes desarrollados con anterioridad, como lo son la planificación de acuerdo al tren de actividades y el modelo 3D en todas las partidas de estructuras, Iniciamos con el proceso de simulación 4D de acuerdo a lo siguiente:

- Se realiza la importación de los archivos correspondientes al modelado 3D, mediante el software Autodesk Navisworks, teniendo así los modelos en un solo archivo.

- Verificamos las propiedades de todos los elementos, observando que cada elemento en el modelo corresponda a las actividades descritas en el tren de trabajo y pertenezcan a los sectores planteados, para tener una correcta simulación.
- Elaboración del TimeLiner con respecto al cronograma lean, vinculando cada elemento modelado con su respectiva actividad y tiempo programado.

Figura 51

Time Liner Realizada en Navisworks para la Simulación 4D



Fuente: Elaboración propia

- Proceso de simulación 4D, donde se observa el modelo 3D integrado, realizando una secuencia de procesos constructivo que cumple con las actividades correspondientes al tren de trabajo, relacionado con el cronograma.

Este proceso de simulación 4D fue realizado para apoyar a la planificación y presentación del avance a ejecutar a lo largo de las semanas, teniendo un apoyo visual para mejorar el entendimiento de la planificación para las actividades a realizar.



c) Toma de Datos

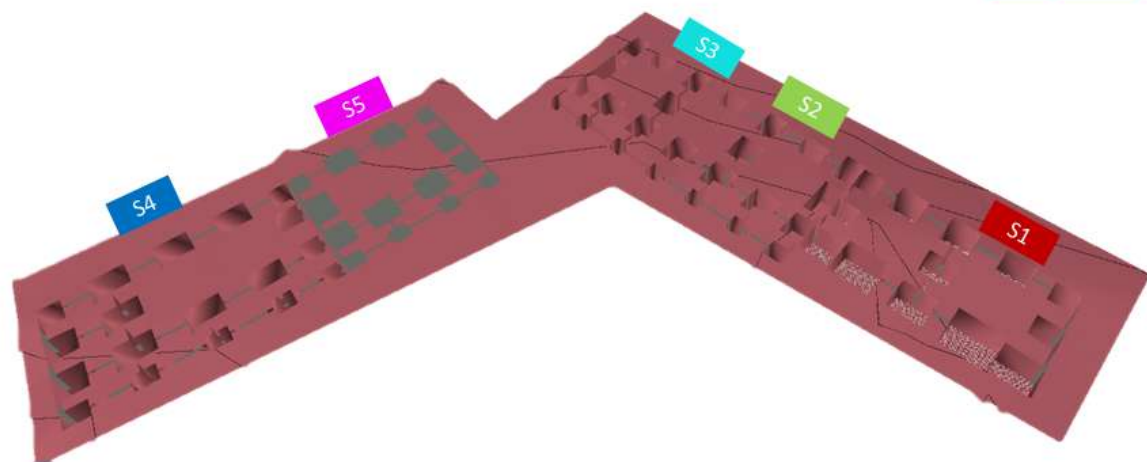
Las siguientes ilustraciones muestran la simulación 4D, realizada a lo largo de la toda la semana:



Tabla 34

Simulación 4D – Semana 01

 UAC Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 01						
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"						
N°	Actividades	L	M	M	J	V	S	D
		23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019
01	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL						B U F F E R	B U F F E R
1.1	ZAPATAS							
1.1.1	Excavacion de zapatas		Z_Ex1	Z_Ex4	Z_Ex2	Z_Ex3		
1.1.2	Eliminacion de material excedente			Z_E-M 1	Z_E-M 4	Z_E-M 2		
1.1.3	Perfilado y nivelado de zapatas			Z_Per1	Z_Per4	Z_Per2		
1.1.4	Solado Zapatas				Z_S°1	Z_S°4		
1.1.5	Colocado de parrillas					Z_CP°1		





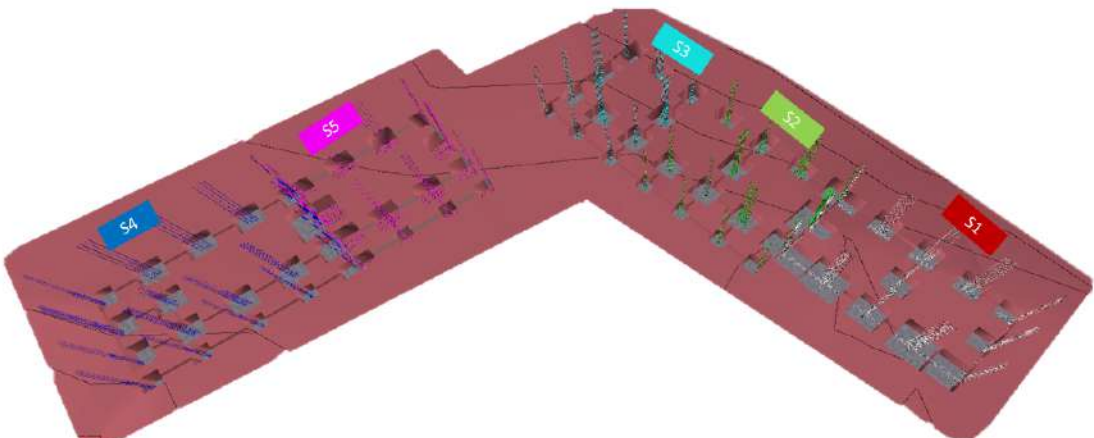
Fuente: Elaboración propia.



Tabla 35

Simulación 4D – Semana 02

 UAC Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 02							
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"		L	M	M	J	V	S	D	
N°	Actividades	30/09/2019	1/10/2019	2/10/2019	3/10/2019	4/10/2019	5/10/2019	6/10/2019	
01	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL								
1.1	ZAPATAS						B U F F E R	B U F F E R	
1.1.1	Excavación de zapatas	Z Ex5							
1.1.2	Eliminación de material excedente	Z E-M 3	Z E-M 5						
1.1.3	Perfilado y nivelado de zapatas	Z Pe3	Z Per5						
1.1.4	Solado Zapatas	Z S*2	Z S*3	Z S*5					
1.1.5	Colocado de parrillas	Z CP*4	Z CP*2	Z CP*3	Z CP*5				
1.1.6	Izado de verticales	C P-lz1	C P-lz4	C P-lz2	C P-lz3	C P-lz5			
1.1.7	Concreto en zapatas f'c=210 kg/cm2		Z C*1	Z C*4	Z C*2	Z C*3			
1.2	VIGAS DE CONEXIÓN								
1.2.1	Excavación y perfilado para V.C			VC Ex1	VC Ex4	VC Ex2			
1.2.2	Solado en V.C				VC S1	VC S4			
1.2.3	Armado de acero V.C					VC Ac1			





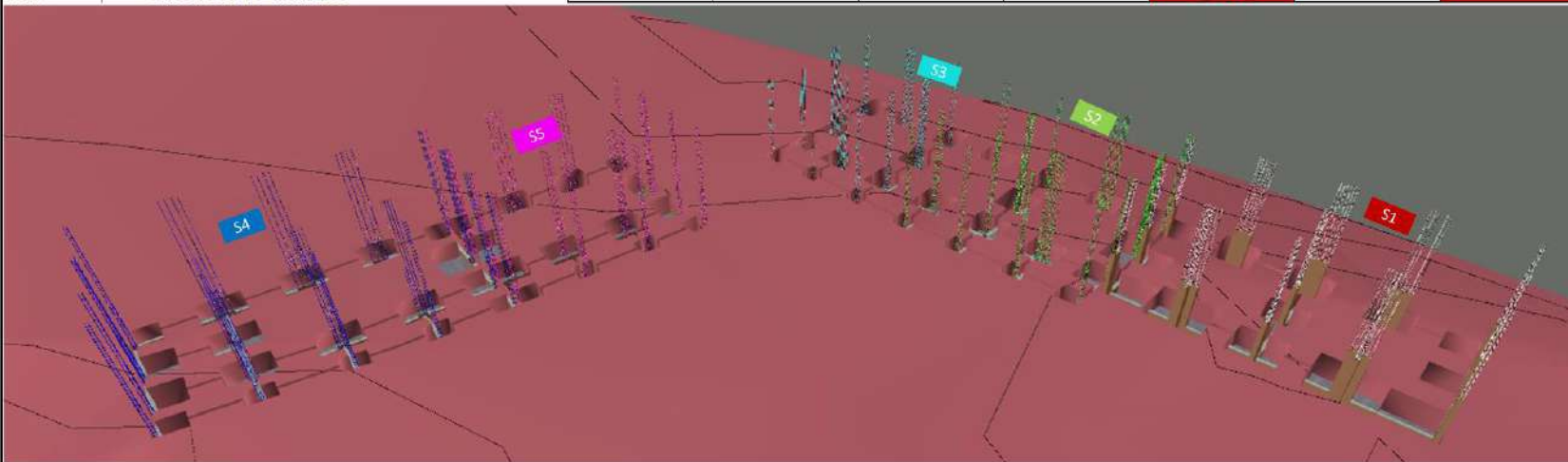
Fuente: Elaboración propia.



Tabla 36

Simulación 4D – Semana 03

 Simulación 4D - Semana 03 								
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"								
Item	Actividades	L	M	M	J	V	S	D
		7/10/2019	8/10/2019	9/10/2019	10/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	13/10/2019
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL						B U F F E R	B U F F E R
1.1	ZAPATAS							
1.1.7	Concreto en zapatas f'c=210 kg/cm2	Z_C*5						
1.2	VIGAS DE CONEXIÓN							
1.2.1	Excavación y perfilado para V.C	VC_Ex3	VC_Ex5					
1.2.2	Solado en V.C	VC_S2	VC_S3	VC_S5				
1.2.3	Armado de acero V.C	VC_Ac4	VC_Ac2	VC_Ac3	VC_Ac5			
1.2.4	Encofrado V.C	VC_E1	VC_E4	VC_E2	VC_E3	VC_E5		
1.2.5	Concreto en VC f'c=210 kg/cm2		VC-C*1	VC-C*4	VC-C*2	VC-C*3		
1.2.6	Desencofrado de V.C			VC-D*1	VC-D*4	VC-D*2		
1.2.7	Relleno y compactado			VC-R_P 1	VC-R_P 4	VC-R_P 2		
1.3	COLUMNAS Y PLACAS							
1.3.1	Replanteo de verticales				C_P - Re1	C_P - Re4		
1.3.2	Encofrado de verticales					C_P - E1		





Fuente: Elaboración propia.



Tabla 37

Simulación 4D – Semana 04



 UAC Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 04							
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"							
Item	Actividades	L 14/10/2019	M 15/10/2019	M 16/10/2019	J 17/10/2019	V 18/10/2019	S 19/10/2019	D 20/10/2019	
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL								
1.2	VIGAS DE CONEXIÓN						B U F F E R	B U F F E R	
1.2.5	Concreto en VC f'c=210 kg/cm2	VC - C*5							
1.2.6	Desencofrado de V.C	VC - D*3	VC - D*5						
1.2.7	Relleno y compactado	VC-R - P 3	VC_R - E5						
1.3	COLUMNAS Y PLACAS								
1.3.1	Replanteo de verticales	C_P - Re2	C_P - Re3	C_P - Re5					
1.3.2	Encofrado de verticales	C_P - E4	C_P - E2	C_P - E3	C_P - E5				
1.3.3	Concreto de verticales	C_P - C*1	C_P - C*4	C_P - C*2	C_P - C*3	C_P - C*5			
1.3.4	Desencofrado de verticales		C_P - D 1	C_P - D 4	C_P - D 2	C_P - D 3			
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA								
1.4.1	Encofrado de fondo de vigas			V - E1	V - E4	V - E2			
1.4.2	Armado de acero en vigas				V - A Ac1	V - A Ac4			
1.4.3	Encofrado laterales interior vigas					V - E 11			

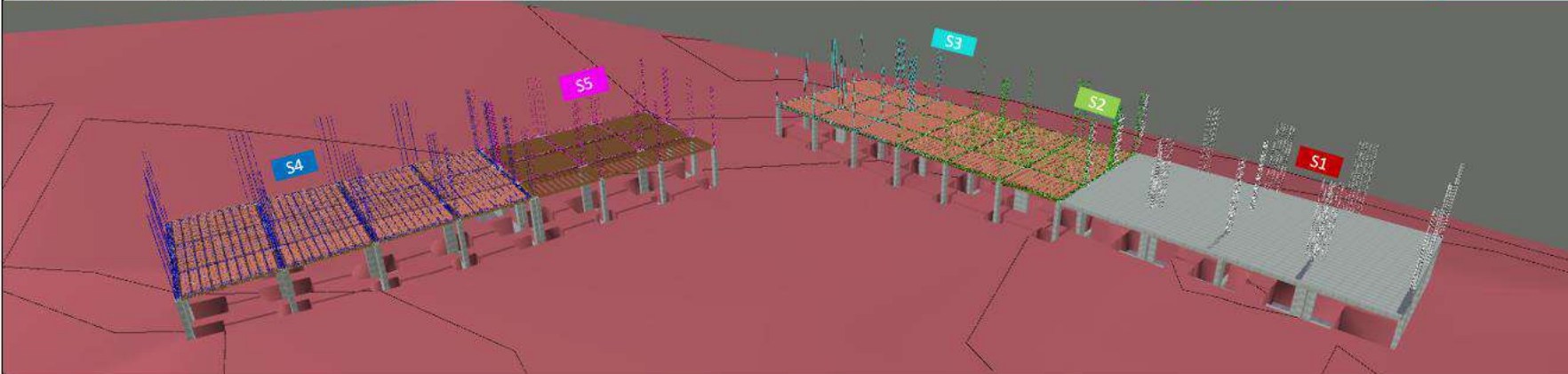
Fuente: Elaboración propia.



Tabla 38

Simulación 4D – Semana 05

 UAC Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 05							
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"									
Item	Actividades	L 21/10/2019	M 22/10/2019	M 23/10/2019	J 24/10/2019	V 25/10/2019	S 26/10/2019	D 27/10/2019	
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL								
1.3	COLUMNAS Y PLACAS								
1.3.4	Desenfofrado de verticales	C.P - D5							
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA								
1.4.1	Encofrado de fondo de vigas	V - E3	V - E5						
1.4.2	Armado de acero en vigas	V - A Ac2	V - A Ac3	V - A Ac5					
1.4.3	Encofrado laterales interior vigas	V - E L4	V - E L2	V - E L3	V - E L5				
1.4.4	Encofrado de fondo de losa	LA - E1	LA - E4	LA - E2	LA - E3	LA - E5			
1.4.5	Armado de acero en vigas chatas		V CH - A Ac1	V CH - A Ac4	V CH - A Ac2	V CH - A Ac3			
1.4.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm		LA - LH 1	LA - LH 4	LA - LH 2	LA - LH 3			
1.4.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria		LA - IT L1	LA - IT L4	LA - IT L2	LA - IT L3			
1.4.8	Armado de acero en viguetas			LA - V - A Ac1	LA - V - A Ac4	LA - V - A Ac2			
1.4.9	Armado acero de temperatura				LA - T - A Ac1	LA - A Ac4			
1.4.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente				LA - IT T1	LA - IT T4			
1.4.11	Encofrado de frisos de losa				LA - E F1	LA - E F4			
1.4.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2					V LA - C*1			





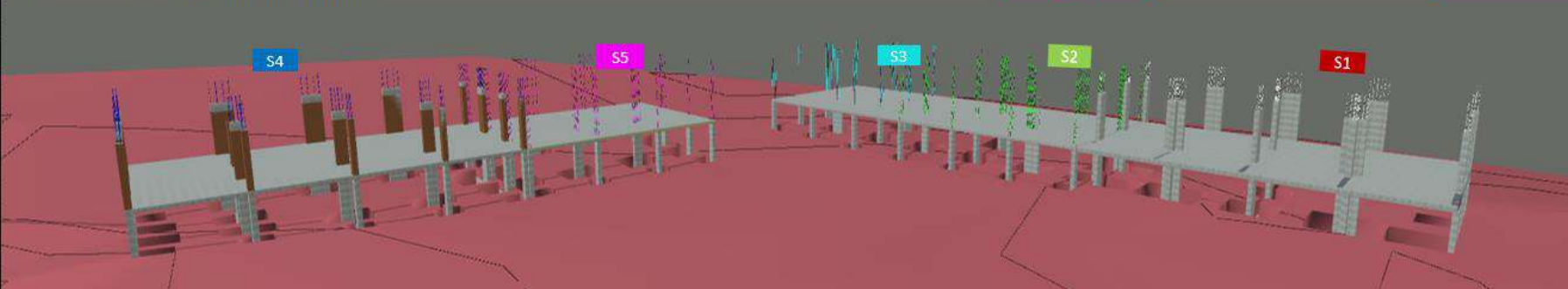
Fuente: Elaboración propia.



Tabla 39

Simulación 4D – Semana 06

 UAC Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 06						
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"								
Item	Actividades	L	M	M	J	V	S	D
		28/10/2019	29/10/2019	30/10/2019	31/10/2019	1/11/2019	2/11/2019	3/11/2019
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL					F E R I A D O	F E R I A D O	F E R I A D O
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA							
1.4.5	Armado de acero en vigas chatas	V-CH-A Ac5						
1.4.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	LA-LH 5						
1.4.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria	LA-IT_L 5						
1.4.8	Armado de acero en viguetas	LA_V - A Ac3	LA_V - A Ac5					
1.4.9	Armado acero de temperatura	LA_T - A Ac2	LA_T - A Ac3	LA_T - A Ac5				
1.4.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente	LA-IT_T 2	LA-IT_T 3	LA-IT_T 5				
1.4.11	Encofrado de frisos de losa	LA-E_F 2	LA-E_F 3	LA-E_F 5				
1.4.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2	V_LA - C°4		V_LA - S°2_S°3	V_LA - C°5			
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL							
2.1	COLUMNAS Y PLACAS							
2.1.1	Replanteo de verticales	C_P - Re 1	C_P - Re 4		C_P - Re 2			
2.1.2	Armado de acero en verticales	C_P - A Ac1	C_P - A Ac4		C_P - A Ac2			
2.1.3	Encofrado de verticales		C_P - E1	C_P - E4				
2.1.4	Concreto de verticales			C_P - C°1	C_P - C°4			
2.1.5	Desencofrado de verticales				C_P - D1			





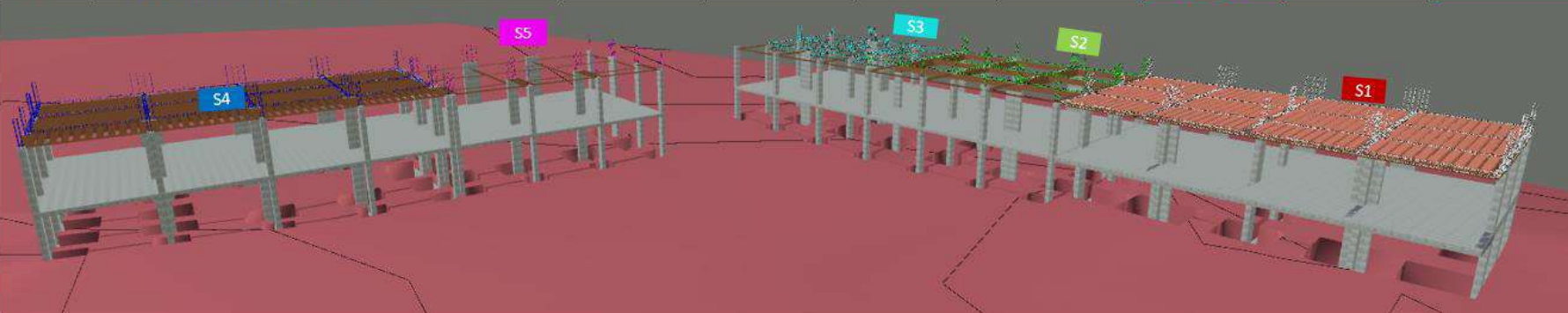
Fuente: Elaboración propia.



Tabla 40

Simulación 4D – Semana 07

  		Simulación 4D - Semana 07						
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"						
Item	Actividades	L	M	M	J	V	S	D
		4/11/2019	5/11/2019	6/11/2019	7/11/2019	8/11/2019	9/11/2019	10/11/2019
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL							
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA							
1.4.13	Desencofrado de losa	C_P - Re 3	C_P - Re 5					
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL	C_P - A Ac3	C_P - A Ac5					
2.1	COLUMNAS Y PLACAS	C_P - E2	C_P - E3	C_P - E5				
2.1.1	Replanteo de verticales		C_P - C²2	C_P - C³3	C_P - C⁴5			
2.1.2	Armado de acero en verticales	C_P - D4		C_P - D2	C_P - D3	C_P - D5		
2.1.3	Encofrado de verticales							
2.1.4	Concreto de verticales	V - EF1	V - EF4	V - EF2	V - EF3	V - EF5		
2.1.5	Desencofrado de verticales		V - A Ac1	V - A Ac4	V - A Ac2	V - A Ac3		
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA			V - E_L1	V - E_L4	V - E_L2		
2.2.1	Encofrado de fondo de vigas				LA - E1	LA - E4		
2.2.2	Armado de acero en vigas					VGH - A Ac1		
2.2.3	Encofrado laterales interior vigas					LA - LH 1		
2.2.4	Encofrado de fondo de losa					LA - IT_L1		





Fuente: Elaboración propia.



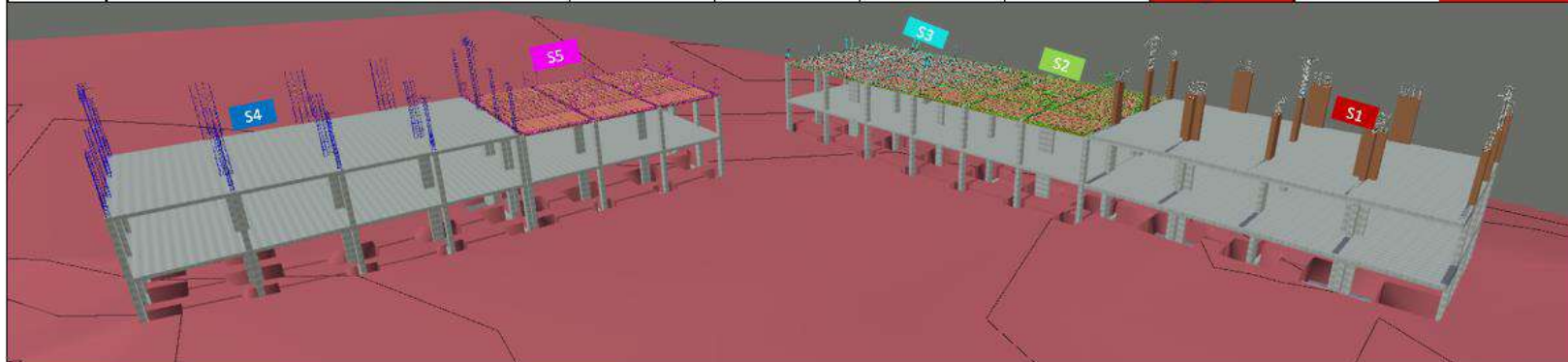
Tabla 41

Simulación 4D – Semana 08

 Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 08								
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"										
Item	Actividades	L 11/11/2019	M 12/11/2019	M 13/11/2019	J 14/11/2019	V 15/11/2019	S 16/11/2019	D 17/11/2019		
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL									
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA									
2.2.3	Encofrado laterales interior vigas	V - A Ac5								
2.2.4	Encofrado de fondo de losa	V - E_L 3	V - E_L 5							
2.2.5	Armado de acero de vigas chatas	LA - E2	LA - E3	LA - E5						
2.2.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	V CH - A Ac4	V CH - A Ac2	V CH - A Ac3	V CH - A Ac5					
2.2.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria	LA - LH 4	LA - LH 2	LA - LH 3	LA - LH 5					
2.2.8	Armado acero en viguetas	LA - IT_L 4	LA - IT_L 2	LA - IT_L 3	LA - IT_L 5					
2.2.9	Armado acero de temperatura	LA_V - A Ac1	LA_V - A Ac4	LA_V - A Ac2	LA_V - A Ac3	LA_V - A Ac5				
2.2.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente		LA_T - A Ac1	LA_T - A Ac4	LA_T - A Ac2	LA_T - A Ac3				
2.2.11	Encofrado de frisos de losa		LA - IT_T 1	LA - IT_T 4	LA - IT_T 2	LA - IT_T 3				
2.2.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2		LA - E_F 1	LA - E_F 5	LA - E_F 2	LA - E_F 3				
2.2.13	Desencofrado de losa			V_LA - C*1	V_LA - C*4					
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL									
3.1	COLUMNAS Y PLACAS									
3.1.1	Replanteo de verticales				C_P - Re1	C_P - Re4				
3.1.2	Armado de acero en verticales				C_P - A Ac1	C_P - A Ac4				
3.1.3	Encofrado de verticales					C_P - E1				

B
U
F
F
E
R

B
U
F
F
E
R





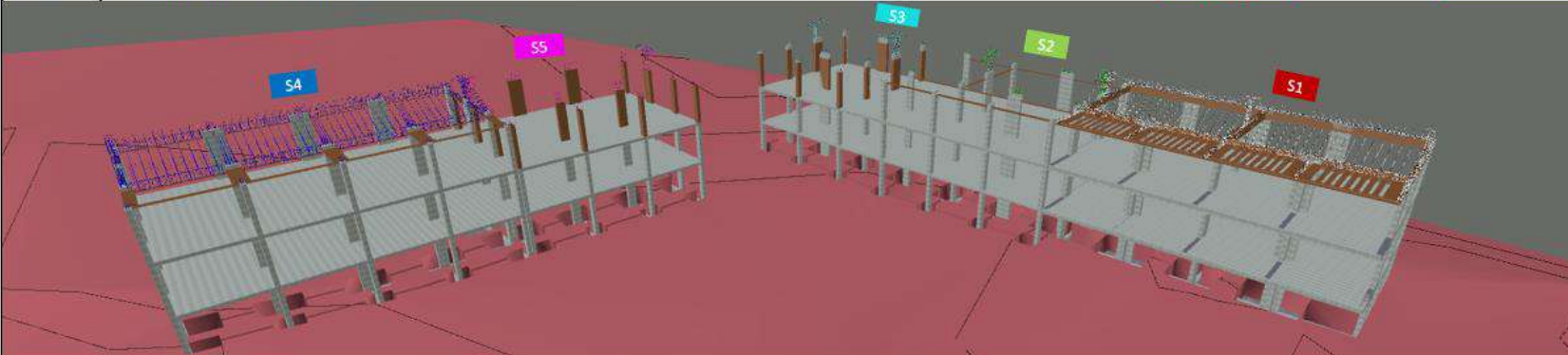
Fuente: Elaboración propia.



Tabla 42

Simulación 4D – Semana 09

 UAC Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 09							
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"							
Item	Actividades	L 18/11/2019	M 19/11/2019	M 20/11/2019	J 21/11/2019	V 22/11/2019	S 23/11/2019	D 24/11/2019	
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL								
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA								
2.2.9	Armado acero de temperatura	IA_T - A Ac5							
2.2.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente	IA-IT_T 5							
2.2.11	Encofrado de frisos de losa	IAE_F 5							
2.2.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2	V_LA - C²-3	V_LA - C²5						
2.2.13	Desencofrado de losa		V_LA - De1	V_LA - De2		V_LA - De 2-3			
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL								
3.1	COLUMNAS Y PLACAS								
3.1.1	Replanteo de verticales		C_P - Re 2	C_P - Re_3	C_P - Re5				
3.1.2	Armado de acero en verticales		C_P - A Ac2	C_P - A Ac2_3	C_P - A Ac5				
3.1.3	Encofrado de verticales	C_P - E4		C_P - E2	C_P - E3	C_P - E5			
3.1.4	Concreto de verticales	C_P - C¹	C_P - C²4		C_P - C²2	C_P - C²3			
3.1.5	Desencofrado de verticales		C_P - D1	C_P - D4		C_P - D2			
3.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA								
3.2.1	Encofrado de fondo de vigas			V - EF1	V - EF4	V - EF2			
3.2.2	Armado de acero en vigas				V - A Ac1	V - A Ac4			
3.2.3	Encofrado laterales vigas					V - EL1			
						LA - E1			





Fuente: Elaboración propia.



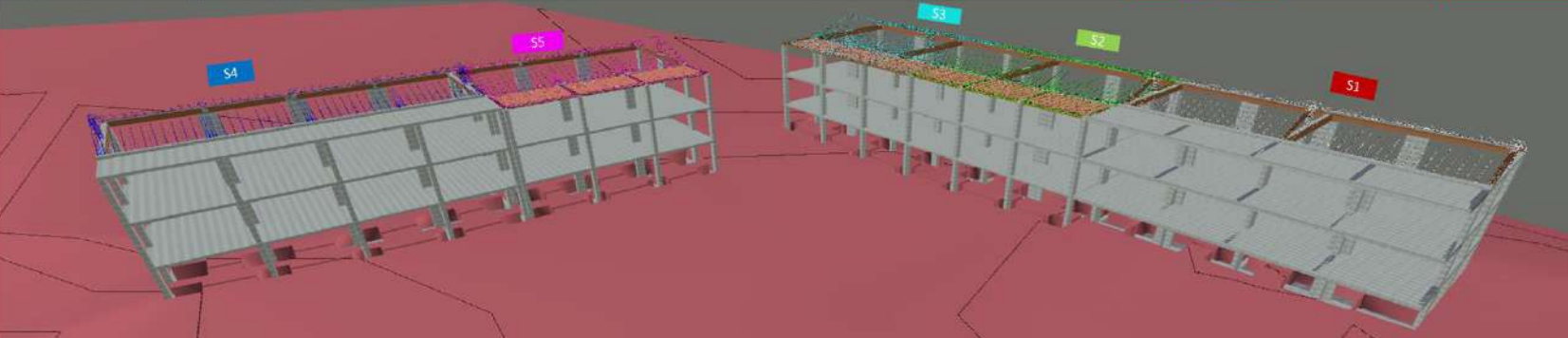
Tabla 43

Simulación 4D – Semana 10

  		Simulación 4D - Semana 10						
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"						
Item	Actividades	L	M	M	J	V	S	D
		25/11/2019	26/11/2019	27/11/2019	28/11/2019	29/11/2019	30/11/2019	1/12/2019
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL							
3.1	COLUMNAS Y PLACAS							
3.1.1.4	Concreto de verticales	C_P - C*5						
3.1.1.5	Desencofrado de verticales	C_P - D3	C_P - D5					
3.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA							
3.2.1	Encofrado de fondo de vigas	V - EF3	V - EF5					
3.2.2	Armado de acero en vigas	V - A Ac2	V - A Ac3	V - A Ac5				
3.2.3	Encofrado laterales vigas	V - EL4	V - EL2	V - EL3	V - EL5			
3.2.4	Encofrado de fondo de losa horizontal	LA - E4	LA - E2	LA - E3	LA - E5			
3.2.5	Armado de acero de vigas chatas	V.CH - A Ac1	V.CH - A Ac4	V.CH - A Ac2	V.CH - A Ac3	V.CH - A Ac5		
3.2.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	LA - LH 1	LA - LH 4	LA - LH 2	LA - LH 3	LA - LH 5		
3.2.7	Inst. de tuberías eléctricas alumbrado	LA - IT 1	LA - IT 4	LA - IT 2	LA - IT 3	LA - IT 5		
3.2.8	Colocado acero en viguetas		LA - A Ac1	LA - A Ac4	LA - A Ac2	LA - A Ac3		
3.2.9	Colocado acero de temperatura		LA - A Ac1	LA - A Ac4	LA - A Ac2	LA - A Ac3		
3.2.10	Encofrado frisos losa		LA - E_F 1	LA - E_F 4	LA - E_F 2	LA - E_F 3		
3.2.11	Concreto en vigas y losa horizontal F'c=210 Kg/cm2			V_LA - C*1	V_LA - C*4			
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA							
4.1	VIGAS Y LOSA INCLINADA							
4.1.1	Acero en verticales techo				C_P - Ac 1	C_P - Ac 4		
4.1.2	Asentado de ladrillos				ALA 1	ALA 4		
4.1.3	Encofrado de fondo de vigas - techo					VT - E_1		

B
U
F
F
E
R

B
U
F
F
E
R






Fuente: Elaboración propia.



Tabla 44

Simulación 4D – Semana 11

 UAC Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 11							
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"									
Item	Actividades	L	M	M	J	V	S	D	
		2/12/2019	3/12/2019	4/12/2019	5/12/2019	6/12/2019	7/12/2019	8/12/2019	
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL								
3.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA								
3.2.8	Colocado acero en viguetas	LA-A 4m5							
3.2.9	Colocado acero de temperatura	LA-A 4m5							
3.2.10	Encofrado frisos losa	LA-E 7.5							
3.2.11	Concreto en vigas y losa horizontal F'c=210 Kg/cm2	V-LA-C'2-3	V-LA-C'3						
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA								
4.1	VIGAS Y LOSA INCLINADA								
4.1.1	Acero en verticales techo		C_P-Ac_2-3	C_P-Ac_3					
4.1.2	Asentado de ladrillos		ALA_2-3	ALA_3					
4.1.3	Encofrado de fondo de vigas - techo	VT-E_4	VT-E_2	VT-E_3	VT-E_3				
4.1.4	Armado de acero en vigas de techo	VT_Ac1	VT_Ac4	VT_Ac2	VT_Ac3	VT_Ac3			
4.1.5	Encofrado laterales interior vigas		V-E_1.1	V-E_1.4	V-E_1.2	V-E_1.3			
4.1.6	Encofrado de losa inclinado			LI_E1	LI_E4	LI_E2			
4.1.7	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm				LI_LH1	LI_LH4			
4.1.8	Armado acero en viguetas techo					VT_AAc			






Fuente: Elaboración propia.



Tabla 45

Simulación 4D – Semana 12

 UAC Universidad Andina del Cusco		Simulación 4D - Semana 12							
Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"		L	M	M	J	V	S	D	
Item	Actividades	9/12/2019	10/12/2019	11/12/2019	12/12/2019	13/12/2019	14/12/2019	15/12/2019	
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA							B U F F E R	
4.1	VIGAS Y LOSA INCLINADA								
4.1.5	Encofrado laterales interior vigas	V-E_L 5							
4.1.6	Encofrado de losa inclinado	LI_E3	LI_E5						
4.1.7	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	LI_LH 2	LI_LH 3	LI_LH 5					
4.1.8	Armado acero en viguetas techo	VT-A Ac4	VT-A Ac2	VT-A Ac3	VT-A Ac5				
4.1.9	Armado acero de temperatura techo	LA_T-A Ac1	LA_T-A Ac4	LA_T-A Ac2	LA_T-A Ac3	LA_T-A Ac5			
4.1.10	Inst. de tuberías eléctricas luminaria	LA-IT_L 1	LA-IT_L 4	LA-IT_L 2	LA-IT_L 3	LA-IT_L 5			
4.1.11	Concreto en losa inclinada F'c=210 Kg/cm2		LI-C3	LI-C4		LI-C2-3	LI-C5		



Fuente: Elaboración propia.



3.5.4.3 Encuesta de Grado de Percepción de los Profesionales.

La encuesta es parte del proceso de evaluación, para obtener el porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D, donde los ingenieros y especialistas del proyecto darán su opinión, a través de una encuesta.

a) Equipos Utilizados

Los equipos para realizar la encuesta para obtener el porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad, fueron los siguientes:

- Utilizamos una laptop para realizar el formulario para la encuesta del grado de percepción, también utilizamos la laptop para digitalizar y procesar todas las respuestas recibidas de parte de los encuestados.
- Lápiz para realizar el llenado de la encuesta de acuerdo a todas las interrogantes planteadas.
- Impresora utilizada para imprimir los formatos, siendo estos importantes para la recopilación de datos.

b) Procedimiento

Para realizar la toma de datos se deberán seguir los siguientes pasos:

- Se realizó el apunte de las posibles interrogantes que deberán ser respondidas por el equipo de proyecto para evaluar su conocimiento del Lean Construction y simulación 4D conjuntamente saber cuál sería el grado de percepción de la implementación de los modelos 4D.
- Al realizar un filtro de las interrogantes más relevantes que se tomaran en cuenta y aportaran a la encuesta para su valoración, tuvimos las siguientes interrogantes como seleccionadas:
 - ¿Usted considera que el Lean Construction es una Metodología tradicional o es una Nueva metodología para la ejecución de proyectos de construcción?, esta interrogante nos ayudara a saber la percepción del equipo de proyecto con respecto al Lean Construction.
 - ¿Usted considera que el Lean Construction utiliza un procedimiento totalmente "Nuevo" o es un "Complemento" con la ejecución de proyectos de construcción de la manera tradicional?, con la interrogante sabremos como considera el equipo de proyecto el Lean Construction.
 - ¿Anteriormente usted ha escuchado o conoce sobre la filosofía o metodología Lean Construction?, esta interrogante nos ayudara a saber si ya tuvieron un





acercamiento con el Lean Construction, para evaluar en qué estado estuvo el equipo de proyecto antes de que se realizó la inducción e implementación.

- ¿Cuál es su nivel de conocimiento de la filosofía o metodología Lean Construction?, esta interrogante nos sirve para saber su nivel de conocimiento antes que se realizó la implementación del Lean Construction.
- ¿Cuánto podría decir usted que sabe aplicar la metodología Lean Construction en las obras que ejecutó?, la siguiente interrogante evalúa si el equipo técnico ya participo anteriormente de la aplicación del Lean Construction.
- ¿Anteriormente usted ha escuchado o conoce sobre la metodología BIM (Building Information Modeling) ?, esta interrogante nos ayudara a saber si ya tuvieron un conocimiento de BIM, para evaluar en qué estado estuvo el equipo de proyecto antes de que se realizó el planteamiento de la simulación 4D.
- ¿Cuánto sabe usted sobre qué es un modelo 3D? - ¿Cuánto sabe usted sobre qué es un modelo 4D?, con la interrogante sabremos cuanto saben de los modelos 3D y 4D, antes de la implementación que se realizó.
- ¿Cuánto conoce de los softwares de ingeniería que se utilizan para emplear los modelos 3D y 4D?, con la interrogante sabremos si el equipo del proyecto tiene conocimiento del software a emplearse.
- ¿Cuánto podría decir usted que sabe aplicar estos modelos de 3D y 4D en las obras que ejecutó?, la interrogante nos ayudara a saber si el equipo de proyecto anteriormente trabajo con los modelos 3D y 4D, para solicitar sus aportes si es que lo tuvieron.
- Ahora que usted ha formado parte de la implementación de un modelo 4D, ¿Cuál sería su grado de percepción como profesional a la implementación de modelos 4D en la ejecución del proyecto en las partidas estructurales?, la interrogante nos ayudar a saber, cuál es su grado de percepción a la implementación de modelos 4D en la ejecución del proyecto en las partidas estructurales, siendo esta interrogante muy importante para medir el logro e importancia de los modelos 4D.
- ¿Usted considera que la implementación del modelo 4D incrementa la productividad en la ejecución del proyecto en las partidas estructurales?, la siguiente interrogante nos ayudara a cuantificar si el equipo del proyecto considera si el modelo 4D tuvo un aporte sobre la productividad en la ejecución del proyecto.



Tabla 46

Plantilla para evaluar el grado de percepción 4D

 UAC Universidad Andina del Cusco		Encuesta para evaluar el % de grado de percepción de la implementación 4D			
Proyecto:	"Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomas, Chumbivilcas – Cusco"				
Nombre:		Cargo:			
Observaciones:					
Los resultados de la presente encuesta determinaran el grado de aceptación de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras.					
Marque la alternativa, según considera para usted la respuesta correcta a las preguntas planteadas.					
1) ¿Usted considera que el Lean Construction es una Metodología tradicional o es una Nueva metodología para la ejecución de proyectos de construcción?					
Metodología tradicional		<input type="checkbox"/>	Nueva metodología		<input type="checkbox"/>
2) ¿Usted considera que el Lean Construction utiliza un procedimiento totalmente " Nuevo " o es un " Complemento " con la ejecución de proyectos de construcción de la manera tradicional?					
Nueva		<input type="checkbox"/>	Complemento		<input type="checkbox"/>
Indicaciones:					
Marca con una (x) según considere			Mínimo (1) - Máximo (5)		
1) ¿Anteriormente usted ha escuchado o conoce sobre la filosofía o metodología Lean Construction?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
2) ¿Cuál es su nivel de conocimiento de la filosofía o metodología Lean Construction?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
3) ¿Cuánto podría decir usted que sabe aplicar la metodología Lean Construction en las obras que ejecutó?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
4) ¿Anteriormente usted ha escuchado o conoce sobre la metodología BIM (Building Information Modeling)?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
5) ¿Cuánto sabe usted sobre qué es un modelo 3D?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
6) ¿Cuánto sabe usted sobre qué es un modelo 4D?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
7) ¿Cuánto conoce de los softwares de ingeniería que se utilizan para emplear los modelos 3D y 4D?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
8) ¿Cuánto podría decir usted que sabe aplicar estos modelos de 3D y 4D en las obras que ejecutó?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
9) Ahora que usted ha formado parte de la implementación de un modelo 4D, ¿Cual sería su grado de aceptación como profesional a la implementación de modelos 4D en la ejecución del proyecto en las partidas estructurales?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
10) ¿Usted considera que la implementación del modelo 4D incrementa la productividad en la ejecución del proyecto en las partidas estructurales?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo <input type="checkbox"/>
Gracias por su valioso tiempo					



- Teniendo todas las interrogantes listas, con ayuda del Microsoft Excel procedimos a incluirlas dentro de nuestra hoja de encuesta.
- Se realiza la encuesta al equipo de proyecto, indicando la finalidad de la encuesta, para su conocimiento.
- Recogemos los resultados de la encuesta para poder evaluarlos e incluir las recomendaciones en futuros proyectos, mediante un proceso de mejora continua.



c) Toma de Datos

En la tabla 47 tenemos el resultado de una de las encuestas realizadas al equipo del proyecto.



Tabla 47



Encuesta para evaluar el % de grado de percepción en la implementación 4D

 UAC Universidad Andina del Cusco		Encuesta para evaluar el % de grado de percepción de la implementación 4D			
Proyecto:	"Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomas, Chumbivilcas – Cusco"				
Nombre:	Ing. Claudio Puma Huañec	Cargo:	Residente de Obra		
Observaciones:					
Los resultados de la presente encuesta determinaran el grado de aceptación de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras.					
Marque la alternativa, según considera para usted la respuesta correcta a las preguntas planteadas.					
1) ¿Usted considera que el Lean Construction es una Metodología tradicional o es una Nueva metodología para la ejecución de proyectos de construcción?					
Metodología tradicional		<input type="checkbox"/>	Nueva metodología		<input checked="" type="checkbox"/>
2) ¿Usted considera que el Lean Construction utiliza un procedimiento totalmente " Nuevo " o es un " Complemento " con la ejecución de proyectos de construcción de la manera tradicional?					
Nueva		<input type="checkbox"/>	Complemento		<input checked="" type="checkbox"/>
Indicaciones:					
Marca con una (x) según considere			Minimo (1) - Maximo (5)		
1) ¿Anteriormente usted ha escuchado o conoce sobre la filosofía o metodología Lean Construction?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo
2) ¿Cuál es su nivel de conocimiento de la filosofía o metodología Lean Construction?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Maximo
3) ¿Cuánto podría decir usted que sabe aplicar la metodología Lean Construction en las obras que ejecutó?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo
4) ¿Anteriormente usted ha escuchado o conoce sobre la metodología BIM (Building Information Modeling)?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo
5) ¿Cuánto sabe usted sobre qué es un modelo 3D?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo
6) ¿Cuánto sabe usted sobre qué es un modelo 4D?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo
7) ¿Cuánto conoce de los softwares de ingeniería que se utilizan para emplear los modelos 3D y 4D?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Maximo
8) ¿Cuánto podría decir usted que sabe aplicar estos modelos de 3D y 4D en las obras que ejecutó?					
Minimo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximo
9) Ahora que usted ha formado parte de la implementación de un modelo 4D, ¿Cual sería su grado de aceptación como profesional a la implementación de modelos 4D en la ejecución del proyecto en las partidas estructurales?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Maximo
10) ¿Usted considera que la implementación del modelo 4D incrementa la productividad en la ejecución del proyecto en las partidas estructurales?					
Minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Maximo
Gracias por su valioso tiempo					

Para ver el resultado de todas las encuestas dirigirse al Anexo 15.

Tabla 48

Resultados grado de percepción

 UAC  						
Resultados: Encuesta para evaluar el % de grado de percepción de la implementación 4D						
Proyecto:	"Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomas, Chumbivilcas – Cusco"					
Cargo	Residente	Producción 01	Producción 02	Calidad	Seguridad	Topografo
Nombre	Ing. Claudio Puma	Ing. Jose Luis	Ing. Nilton	Ing. Ana	Ing. Marleny	Fredy
Marque la alternativa, según considera para usted la respuesta correcta a las preguntas planteadas.						
P-01	Nueva Metodología	Nueva Metodología	Nueva Metodología	Nueva Metodología	Nueva Metodología	Nueva Metodología
P-02	Complemento	Nueva	Complemento	Complemento	Nueva	Complemento
Marca con una (x) según considere						
	Minimo (1) - Maximo (5)					
P-01	3	2	4	5	2	2
P-02	4	1	1	3	1	2
P-03	3	1	1	1	1	1
P-04	3	2	2	5	1	2
P-05	3	2	2	4	2	3
P-06	3	2	1	4	1	2
P-07	4	1	1	4	1	3
P-08	1	1	2	1	1	1
P-09	5	4	5	5	4	5
P-10	5	5	4	5	4	5

En la tabla 48 podemos observar el resultado de todos los encuestados, tomando en cuenta el nombre y los cargos que desempeñaban en el proyecto, según las interrogantes utilizadas en la tabla 46. Estos resultados son analizados en el ítem 3.6.4 mediante el análisis de procesos jerárquicos.

3.6 Procedimientos de Análisis de datos

3.6.1 Procedimiento de Análisis de Datos para Determinar la Ejecución Dentro del Plazo Programado del Cronograma Lean.

a) Procesamiento

Luego de la ejecución del proyecto y la medición semanal de la planificación a través de los trenes de trabajo, tenemos los resultados donde podremos verificar si la obra fue ejecutada en el plazo programado del cronograma Lean, tomando en cuenta que se utilizó varias herramientas Lean Construction y procesos de simulación 4D, para lograr el cumplimiento de lo planificado.

Se tiene la planificación realizada por medio de los trenes de trabajo donde mostramos que las fechas de inicio y conclusión son:

- Inicio: martes 24 de septiembre del 2019 - Excavación de zapatas en el sector 01.
- Fin: sábado 14 de diciembre del 2019 - Vaciado de concreto en losa inclinada $F'c=210$ Kg/cm², tomando en consideración el día Domingo 15 de diciembre como fecha buffer.

La ejecución de las partidas estructurales tuvo un inicio como estuvo programado siendo este el martes 24 de septiembre se inició con las excavaciones de las zapatas en el sector 01.

Concluyendo el vaciado de la última losa el día domingo 15 de diciembre en horas de la mañana, teniendo un análisis comparativo con respecto a la fecha programada, tenemos la realización de la última actividad 1 día después de lo programado, considerando que estamos dentro del buffer considerado, por lo que la ejecución del proyecto estuvo dentro del cronograma lean aprobado por medio del tren de actividades figura 61.

b) Diagrama y Tablas

Podemos observar en las figuras incluidas a continuación, la referencia de la proyección de los trabajos realizados a lo largo de la planificación lean y ejecución del proyecto.

En la figura 52 podemos observar las actividades proyectadas a través de la simulación 4D y realizadas en la ejecución física el 30 de septiembre del 2019, correspondiente al Sector 1, con la conclusión del izado de verticales, solado en zapatas en el sector 02, perfilado y nivelado de zapatas correspondiente al sector 3, las cuales fueron proyectadas y realizadas de acuerdo a la programación.

Figura 52

Actividades planificadas versus la ejecución 30 de septiembre del 2019

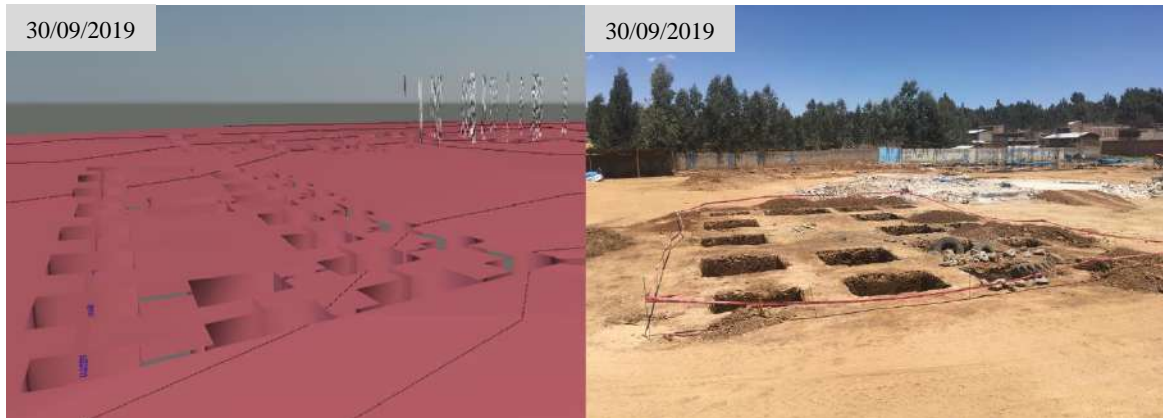


Fuente: Elaboración propia

En la figura 53 se observa una vista panorámica de la ejecución de la obra en sus diferentes sectores, los cuales corresponden a la programación y simulación 4D, con respecto a la ejecución física del mes de septiembre del 2019.

Figura 53

Actividades planificadas versus la ejecución septiembre del 2019

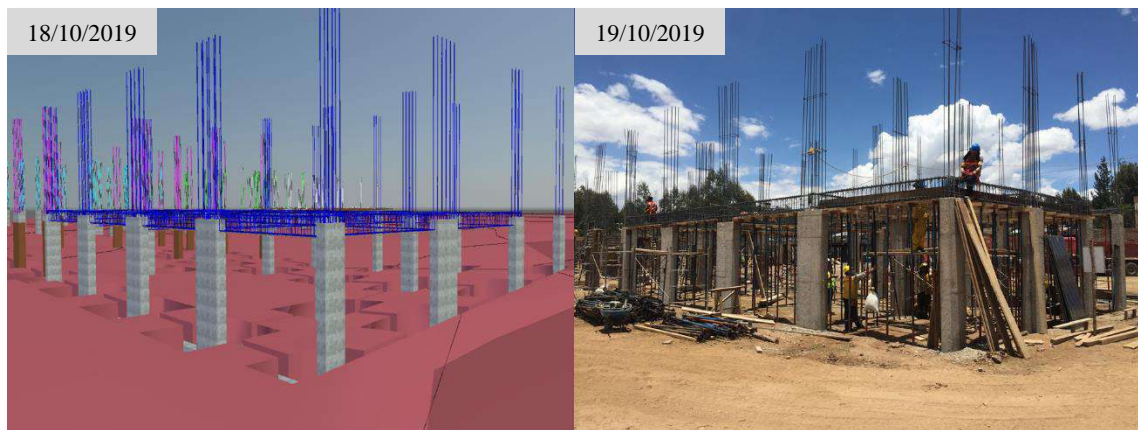


Fuente: Elaboración propia

En la figura 54 observamos los trabajos realizados al 18 de octubre del 2019, en la ejecución del sector 4, con el armado de acero en vigas en el primer nivel, los cuales están dentro de la planificación lean realizada.

Figura 54

Actividades planificadas versus la ejecución al 18 de octubre 2019



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la figura 55, los trabajos planificados y proyectados mediante la simulación 4D y la ejecución física, correspondiente al sector 4, con la ejecución del armado de acero en vigas para el segundo nivel y los trabajos correspondientes al sector 5, con el armado de acero (Colocado de estribos) en las verticales, las cuales están dentro de la planificación propuesta y que se muestra en la ejecución, correspondientes al 05 de noviembre del 2019.

Figura 55

Actividades planificadas versus la ejecución 05 de noviembre 2019

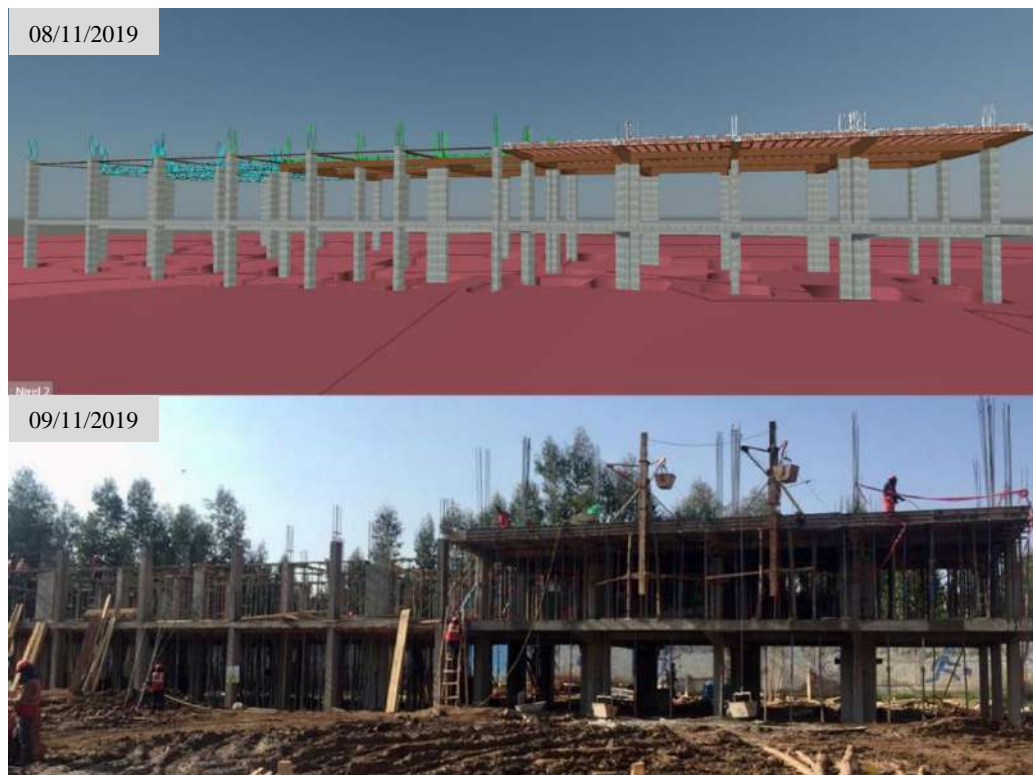


Fuente: Elaboración propia

En la figura 56, se observa las actividades planificadas de acuerdo a la simulación 4D, con respecto al sector 01, sector 02 y sector 03, correspondientes a la fecha 08 de noviembre del 2019. El análisis del cumplimiento de las actividades planificadas con la ejecución es mostrado de manera detallada en el análisis del porcentaje de plan cumplido, correspondiente al ítem 3.6.2

Figura 56

Actividades planificadas versus la ejecución 08 de noviembre del 2019



Fuente: Elaboración propia



En la figura 57 se observa una vista panorámica de la planificación realizada y la simulación 4D con respecto a la ejecución del proyecto, esta figura corresponde a las actividades realizadas en los diferentes sectores con fecha 15 de noviembre del 2019.

Figura 57

Actividades planificadas versus la ejecución, 15 de noviembre del 2019



Fuente: Elaboración propia

Observamos en la figura 58, las actividades planificadas al 18 de noviembre del 2019, en el sector 04, como son el encofrado de verticales y en las actividades correspondientes al sector 05, armado de acero de temperatura.

Figura 58

Actividades planificadas versus la ejecución, 18 de noviembre 2019



Fuente: Elaboración propia

En la figura 59, podemos observar las actividades planificadas de acuerdo a la simulación 4D y la ejecución de dichas actividades, estas correspondientes al 22 de noviembre del 2019, para el sector 4 corresponde el armado de acero en vigas y para el sector 5 tenemos el encofrado de verticales.

Figura 59

Actividades planificadas versus la ejecución 22 de noviembre del 2019



Fuente: Elaboración propia

En la figura 60 podemos observar las actividades planificadas y representadas por la simulación 4D y la ejecución del proyecto, donde observamos el sector 01 a nivel de encofrado de fondo en losa horizontal, sector 02 a nivel de encofrado de fondo de vigas y el sector 3 a nivel de vaciado de concreto en verticales, estas actividades correspondientes al 22 de noviembre del 2021.

Figura 60

Actividades planificadas versus la ejecución 22 de noviembre 2019



Fuente: Elaboración propia

En la figura 61, se observa la conclusión del proyecto con fecha 15 de diciembre del 2019, con el vaciado de las losas en los diferentes sectores planteados, por lo que el proyecto fue ejecutado dentro del plazo programado considerando el buffer que se tuvo planteado dentro de la planificación.

Figura 61

Actividades planificadas versus la ejecución 15 de diciembre 2019



Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la Prueba

En la tabla 49 observamos la comparación de la semana 12, respecto a la planificación realizada inicialmente a través de los trenes de trabajo vs las fechas de ejecución real, teniendo en el cronograma lean aprobado la conclusión del vaciado de concreto en losa inclinada $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ del Sector 5, con fecha 14 de diciembre del 2019, siendo esta actividad cumplida como se observa en la ejecución real la misma fecha de su programación, sin embargo el vaciado de concreto en losa inclinada $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ del Sector 3, no fue realizada el día viernes 13 de diciembre ya que hubo imprevistos respecto a las condiciones óptimas del vaciado, por la complejidad que este vaciado tendría, además de que se requería la mayor cantidad de personal obrero para esta actividad.



Tabla 49

Cuadro de planificación Vs Ejecución – Semana 12

UAC Universidad Andina del Cusco		Planificación Vs Ejecución - Semana 12						
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"						
Planificación realizada para la ejecución de las partidas de estructuras								
Item	Actividades	L	M	M	J	V	S	D
		9/12/2019	10/12/2019	11/12/2019	12/12/2019	13/12/2019	14/12/2019	15/12/2019
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA							
4.1	VIGAS Y LOSA INCLINADA							
4.1.5	Encofrado laterales interior vigas	V-E_L15						
4.1.6	Encofrado de losa inclinado	LI_E3	LI_E5					
4.1.7	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	LI_LH2	LI_LH3	LI_LH5				
4.1.8	Armado acero en viguetas techo	VT-A_Ac4	VT-A_Ac2	VT-A_Ac3	VT-A_Ac5			
4.1.9	Armado acero de temperatura techo	LA_T-A_Ac1	LA_T-A_Ac4	LA_T-A_Ac2	LA_T-A_Ac3	LA_T-A_Ac5		
4.1.10	Inst. de tuberías electricas luminaria	LA-IT_L1	LA-IT_L4	LA-IT_L2	LA-IT_L3	LA-IT_L5		
4.1.11	Concreto en losa inclinada F'c=210 Kg/cm2		LI-C1	LI-C4		LI-C2-3	LI-C5	
Ejecución real de las partidas de estructuras								
N°	Actividades	L	M	M	J	V	S	D
		9/12/2019	10/12/2019	11/12/2019	12/12/2019	13/12/2019	14/12/2019	15/12/2019
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA							
4.1	VIGAS Y LOSA INCLINADA							
4.1.5	Encofrado laterales interior vigas	V-E_L15						
4.1.6	Encofrado de losa inclinado	LI_E3	LI_E5					
4.1.7	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	LI_LH2	LI_LH3	LI_LH5				
4.1.8	Armado acero en viguetas techo	VT-A_Ac4	VT-A_Ac2	VT-A_Ac3	VT-A_Ac5			
4.1.9	Armado acero de temperatura techo	LA_T-A_Ac1	LA_T-A_Ac4	LA_T-A_Ac2	LA_T-A_Ac3	LA_T-A_Ac5		
4.1.10	Inst. de tuberías electricas luminaria	LA-IT_L1	LA-IT_L4	LA-IT_L2	LA-IT_L3	LA-IT_L5		
4.1.11	Concreto en losa inclinada F'c=210 Kg/cm2		LI-C1	LI-C4			LI-C5	LI-C2 y 3

Fuente: Elaboración propia.

El vaciado de concreto en la losa inclinada F'c=210 Kg/cm2 del Sector 3, fue realizado el día domingo 15 de diciembre. Esta actividad estuvo completada dentro del Buffer como se observa en la planificación inicial realizada a través de los trenes de trabajo, de esta forma damos por culminada la ejecución de las partidas de estructuras, dentro del cronograma lean.

Los detalles de cumplimiento de la programación de cada semana serán analizados en el item 3.6.2 a través del porcentaje de plan cumplido y sus causas de incumplimiento.



3.6.2 Procedimiento de Análisis de Datos para la Obtención del PPC y CI

a) Procesamiento

Para la obtención del PPC y las CI se realizaron evaluaciones al término de cada semana programa sin considerar los días de buffer, que consistían en verificar si las actividades estaban siendo ejecutadas de acuerdo al cronograma lean aprobado mediante los trenes de trabajo, caso contrario se analizaba la razón del porqué no se cumplió con la ejecución de las actividades planificadas y finalmente se daban las medidas correctivas que se debían adoptar para el futuro.

La fórmula para determinar el porcentaje del PPC es:

$$PPC = \frac{\text{Total de actividades cumplidas}}{\text{Total de actividades programadas}} \times 100$$

Cabe indicar que, si una actividad estaba al 99 % de su ejecución, esta se contaba como una actividad inconclusa adoptando el valor de cero y para una actividad que se encontraba al 100 % de su ejecución, adoptaba el valor de uno. Es así como se determinaba la cantidad de actividades cumplidas en la semana.

Finalmente, al ser analizadas todas las semanas de la programación, se procedió a elaborar un diagrama resumen de los PPC, un cuadro resumen de las CI y su respectivo diagrama.



b) Diagrama y Tablas

Tabla 50

PPC y CI - Semana 1



 UAC Universidad Andina del Cusco		Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana 1												
PROYECTO:		“MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO”												
Tipo de Causas de Incumplimiento:		1. Condiciones inseguras		3. Espacio no liberado		5. Personal no disponible		7. Cambio en la secuencia		9. Cambio de alcance		11. Me olvidé		
		2. Información no disp.		4. Materiales no disp.		6. Predecesora no completa		8. Estimación incorrecta		10. Variaciones no previstas		12. Maquinaria no disponible		
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	SEPTIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		0	1	2	3	4	5	6		
						1ª SEMANA								
						L	M	M	J	V	S	D		
						23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019		
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL													
1.1	ZAPATAS													
1.1.1	Excavación de zapatas		100%	75%	0		Z_Ex1	Z_Ex4	Z_Ex2		Z_Ex3		12	Prever las maquinarias que se necesitarán en otros frentes
1.1.2	Eliminación de material excedente		100%	100%	1			Z_E-M 1	Z_E-M 4	Z_E-M 2				
1.1.3	Perfilado y nivelado de zapatas		100%	100%	1			Z_Per1	Z_Per4	Z_Per2				
1.1.4	Solado Zapatas		100%	100%	1				Z_S*1	Z_S*4				
1.1.5	Colocado de parrillas		100%	100%	1						Z_CP*1			
		PPC = Total de actividades cumplidas (4) / Total de actividades programadas (5)										PPC=	80.00%	



Tabla 51

PPC y CI - Semana 2



 UAC Universidad Andina del Cusco		Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana 2													
Proyecto:		“MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO”													
Tipos de Causa de Incumplimiento:		1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé	2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible		
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	OCTUBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?	
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		7	8	9	10	11	12	13			
						2° SEMANA									D
						L	M	M	J	V	S				
						30/09/2019	01/10/2019	02/10/2019	03/10/2019	04/10/2019	05/10/2019	06/10/2019			
1.0	ESTRUCTURAS														
1.1	ZAPATAS														
1.1.1	Excavación de zapatas		100%	100%	1	Z_Ex5									
1.1.2	Eliminación de material excedente		100%	100%	1	Z_E-M 3	Z_E-M 5								
1.1.3	Perfilado y nivelado de zapatas		100%	100%	1	Z_Pe3	Z_Per5								
1.1.4	Solado Zapatas		100%	100%	1	Z_S*2	Z_S*3	Z_S*5							
1.1.5	Colocado de parrillas		100%	100%	1	Z_CP*4	Z_CP*2	Z_CP*3	Z_CP*5						
1.1.6	Izado de verticales		100%	80%	0	C_P-Iz1	C_P-Iz4	C_P-Iz2	C_P-Iz3	C_P-Iz5	C_P-Iz3			5	Evaluar con mayor eficiencia el trabajo productivo y no productivo de la cuadrilla.
1.1.7	Concreto en zapatas f'c=210 kg/cm2		100%	75%	0		Z_C*1	Z_C*4	Z_C*2	Z_C*3	Z_C*3			6	Absolver con eficacia las variaciones y demoras en la ejecución de actividades predecesoras.
1.2	VIGAS DE CONEXIÓN														
1.2.1	Excavación y perfilado para V.C		100%	100%	1			VC_Ex1	VC_Ex4	VC_Ex2					
1.2.2	Solado en V.C		100%	100%	1				VC_S1	VC_S4					
1.2.3	Armado de acero V.C		100%	100%	1					VC_Ac1					
		PPC = Total de actividades cumplidas (8) / Total de actividades programadas (10)										PPC=	80.00%		



Tabla 52

PPC y CI - Semana 3



 UAC Universidad Andina del Cusco		Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana 3												
PROYECTO:		“MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO”												
Tipos de Causa de Incumplimiento:		1. Condiciones inseguras		3. Espacio no liberado		5. Personal no disponible		7. Cambio en la secuencia		9. Cambio de alcance		11. Me olvidé		
		2. Información no disp.		4. Materiales no disp.		6. Predecesora no completa		8. Estimación incorrecta		10. Variaciones no previstas		12. Maquinaria no disponible		
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	OCTUBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		14	15	16	17	18	19	20		
						3ª SEMANA								
						L	M	M	J	V	S	D		
						07/10/2019	08/10/2019	09/10/2019	10/10/2019	11/10/2019	12/10/2019	13/10/2019		
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL													
1.1	ZAPATAS													
1.1.7	Concreto en zapatas f'c=210 kg/cm2		100%	100%	1	Z_C*5								
1.2	VIGAS DE CONEXIÓN													
1.2.1	Excavación y perfilado para V.C		100%	100%	1	VC_Ex3	VC_Ex5							
1.2.2	Solado en V.C		100%	100%	1	VC_S2	VC_S3	VC_S5						
1.2.3	Armado de acero V.C		100%	100%	1	VC_Ac4	VC_Ac2	VC_Ac3	VC_Ac5					
1.2.4	Encofrado V.C		100%	100%	1	VC_E1	VC_E4	VC_E2	VC_E3	VC_E5				
1.2.5	Concreto en VC f'c=210 kg/cm2		100%	100%	1		VC - C*1	VC - C*4	VC - C*2	VC - C*3				
1.2.6	Desencofrado de V.C		100%	100%	1			VC - D*1	VC - D*4	VC - D*2				
1.2.7	Relleno y compactado		100%	33%	0			VC-R_P 1	VC-R_P 1	VC-R_P 4	VC-R_P 2		12	Solicitar que los equipos que envíen a obra se encuentren en óptimas condiciones para poder operarlas.
1.3	COLUMNAS Y PLACAS													
1.3.1	Replanteo de verticales		100%	50%	0					C_P - Re1	C_P - Re4		6	Verificar que los equipos estén en correcto estado para no ocasionar retrasos en las actividades.
1.3.2	Encofrado de verticales		100%	0%	0						C_P - E1		6	
		PPC = Total de actividades cumplidas (7) / Total de actividades programadas (10)										PPC=	70.00%	



Tabla 53

PPC y CI - Semana 4

TIPOS DE CAUSA DE INCUMPLIMIENTO:		1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé							
		2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible							
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	OCTUBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		21	22	23	24	25	26	27		
						4ª SEMANA								
						L	M	M	J	V	S	D		
						14/10/2019	15/10/2019	16/10/2019	17/10/2019	18/10/2019	19/10/2019	20/10/2019		
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL													
1.2	VIGAS DE CONEXIÓN													
1.2.5	Concreto en VC f'c=210 kg/cm2		100%	100%	1	VC - C°5								
1.2.6	Desencofrado de V.C		100%	100%	1	VC - D°3	VC - D°5							
1.2.7	Relleno y compactado		100%	100%	1	VC-R_P 3	VC_R - E5							
1.3	COLUMNAS Y PLACAS													
1.3.1	Replanteo de verticales		100%	100%	1	C_P - Re2	C_P - Re3	C_P - Re5						
1.3.2	Encofrado de verticales		100%	100%	1	C_P - E4		C_P - E2	C_P - E3	C_P - E5				
1.3.3	Concreto de verticales		100%	80%	0	C_P - C°1	C_P - C°4		C_P - C°2	C_P - C°3	C_P - C°5		6	Realizar el seguimiento a las tareas predecesoras.
1.3.4	Desencofrado de verticales		100%	75%	0		C_P - D 1	C_P - D 4		C_P - D 2	C_P - D 3		6	Realizar el seguimiento a las tareas predecesoras.
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
1.4.1	Encofrado de fondo de vigas		100%	66%	0			V - E1	V - E4		V - E2		6	Realizar el seguimiento a las tareas predecesoras.
1.4.2	Armado de acero en vigas		100%	66%	0				V - A Ac1	V - A Ac4	V - A Ac4		5	Evaluación constante al personal para mejorar su productividad.
1.4.3	Encofrado laterales interior vigas		100%	100%	1					V - E_L1				
		PPC = Total de actividades cumplidas (6) / Total de actividades programadas (10)										PPC=	60.00%	



Tabla 54

PPC y CI - Semana 5

TIPOS DE CAUSA DE INCUMPLIMIENTO:		1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé							
		2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible							
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	OCTUBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		28	29	30	31	32	33	34		
						L	M	M	J	V	S	D		
						5ª SEMANA								
						21/10/2019	22/10/2019	23/10/2019	24/10/2019	25/10/2019	26/10/2019	27/10/2019		
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL													
1.3	COLUMNAS Y PLACAS													
1.3.4	Desencofrado de verticales		100%	100%	1	C_P - D 5								
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
1.4.1	Encofrado de fondo de vigas		100%	100%	1	V - E3	V - E5							
1.4.2	Armado de acero en vigas		100%	100%	1	V - A Ac2	V - A Ac3	V - A Ac5						
1.4.3	Encofrado laterales interior vigas		100%	100%	1	V - E_L 4	V - E_L 2	V - E_L 3	V - E_L 5					
1.4.4	Encofrado de fondo de losa		100%	80%	0	LA - E1	LA - E4	LA - E2	LA - E3	LA - E3	LA - E5		10	No se puede prever el cambio de clima.
1.4.5	Armado de acero en vigas chatas		100%	75%	0		V CH - A Ac1	V CH - A Ac4	V CH - A Ac2		V CH - A Ac3		6	Tener un plan de contingencia para poder igualar las actividades de acuerdo a la planificación en caso de que continúen las lluvias.
1.4.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm		100%	75%	0		LA-LH 1	LA-LH 4	LA-LH 2		LA-LH 3		6	
1.4.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria		100%	75%	0		LA-IT_L 1	LA-IT_L 4	LA-IT_L 2		LA-IT_L 3		6	
1.4.8	Colocado de acero en viguetas		100%	100%	1		LA_V - A Ac1	LA_V - A Ac4	LA_V - A Ac2					
1.4.9	Colocado acero de temperatura		100%	100%	1			LA_T - A Ac1	LA - A Ac4					
1.4.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente		100%	100%	1			LA-IT_T 1	LA-IT_T 4					
1.4.11	Encofrado de frisos de losa		100%	50%	0			LA-E_F 1			LA-E_F 4		10	No se puede prever el cambio de clima.
1.4.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2		100%	100%	1					V_LA - C*1				
PPC = Total de actividades cumplidas (8) / Total de actividades programadas (13)						PPC=						61.54%		



Tabla 55

PPC y CI - Semana 6



 UAC Universidad Andina del Cusco		Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana 6												
PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"														
TIPOS DE CAUSA DE INCUMPLIMIENTO:			1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé	2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	OCTUBRE - 2019						CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?	
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		35	36	37	38	39	40			41
						6ª SEMANA								
				L	M	M	J	V	S	D				
				28/10/2019	29/10/2019	30/10/2019	31/10/2019	01/11/2019	02/11/2019	03/11/2019				
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL													
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
1.4.5	Armado de acero en vigas chatas		100%	100%	1	V CH - A Ac5								
1.4.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm		100%	100%	1	LA-LH 5								
1.4.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria		100%	100%	1	LA-IT_L 5								
1.4.8	Colocado de acero en viguetas		100%	100%	1	LA_V - A Ac3	LA_V - A Ac5							
1.4.9	Colocado acero de temperatura		100%	100%	1	LA_T - A Ac2	LA_T - A Ac3	LA_T - A Ac5						
1.4.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente		100%	100%	1	LA-IT_T 2	LA-IT_T 3	LA-IT_T 5						
1.4.11	Encofrado de frisos de losa		100%	100%	1	LA-E_F 2	LA-E_F 3	LA-E_F 5						
1.4.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2		100%	100%	1	V_LA - C*4		V_LA - S*2_S*3	V_LA - C*5					
1.4.13	Desencofrado de losa		100%	100%	1					LA - DE 1				
2	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL													
2.1	COLUMNAS Y PLACAS													
2.1.1	Replanteo de verticales		100%	100%	1	C_P - Re 1	C_P - Re 4		C_P - Re 2					
2.1.2	Armado de acero en verticales		100%	100%	1	C_P - A Ac1	C_P - A Ac4		C_P - A Ac2					
2.1.3	Encofrado de verticales		100%	100%	1		C_P - E1	C_P - E4						
2.1.4	Concreto de verticales		100%	100%	1			C_P - C*1	C_P - C*4					
2.1.5	Desencofrado de verticales		100%	100%	1					C_P - D1				
			PPC = Total de actividades cumplidas (14) / Total de actividades programadas (14)						PPC=	100.00%				



Tabla 56

PPC y CI - Semana 7



 UAC Universidad Andina del Cusco		Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana 7												
PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"														
TIPO DE CAUSA DE INCUMPLIMIENTO:			1. Condiciones inseguras		3. Espacio no liberado		5. Personal no disponible		7. Cambio en la secuencia		9. Cambio de alcance		11. Me olvidé	
			2. Información no disp.		4. Materiales no disp.		6. Predecesora no completa		8. Estimación incorrecta		10. Variaciones no previstas		12. Maquinaria no disponible	
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	NOVIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		7ª SEMANA								
						L	M	M	J	V	S	D		
						04/11/2019	05/11/2019	06/11/2019	07/11/2019	08/11/2019	09/11/2019	10/11/2019		
1.0	ESTRUCTURAS PRIMER NIVEL													
1.4	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
1.4.13	Desencofrado de losa		100%	100%	1	LA - DE 4	LA - DE 2	LA - DE 3	LA - DE 5					
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL													
2.1	COLUMNAS Y PLACAS													
2.1.1	Replanteo de verticales		100%	100%	1	C_P - Re 3	C_P - Re 5							
2.1.2	Armado de acero en verticales		100%	100%	1	C_P - A Ac3	C_P - A Ac5							
2.1.3	Encofrado de verticales		100%	100%	1	C_P - E2	C_P - E3	C_P - E5						
2.1.4	Concreto de verticales		100%	100%	1		C_P - C*2	C_P - C*3	C_P - C*5					
2.1.5	Desencofrado de verticales		100%	100%	1	C_P - D4		C_P - D2	C_P - D3	C_P - D5				
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
2.2.1	Encofrado de fondo de vigas		100%	80%	0	V - EF1	V - EF4		V - EF2	V - EF3	V - EF5		8	Aumentar personal para que se cumplan las actividades programadas.
2.2.2	Armado de acero en vigas		100%	75%	0		V - A Ac1	V - A Ac4		V - A Ac2	V - A Ac3		7	Con la recomendación dada anteriormente, se tiene que estimar de mejor manera la duración de una actividad.
2.2.3	Encofrado laterales interior vigas		100%	67%	0			V - E_L1	V - E_L4		V - E_L2		7	
2.2.4	Encofrado de fondo de losa		100%	100%	1				LA - E1	LA - E4				
2.2.5	Armado de acero de vigas chatas		100%	100%	1					VCH - A Ac1				
2.2.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm		100%	100%	1					LA-LH1				
2.2.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria		100%	100%	1					LA-IT_L1				
			PPC = Total de actividades cumplidas (10) / Total de actividades programadas (13)						PPC=		76.92%			



Tabla 57

PPC y CI - Semana 8



 UAC Universidad Andina del Cusco		Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana 8												
PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"														
TIPO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO:			1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé	2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	NOVIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		49	50	51	52	53	54	55		
						8ª SEMANA								
L	M	M	J	V	S	D								
11/11/2019	12/11/2019	13/11/2019	14/11/2019	15/11/2019	16/11/2019	17/11/2019								
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL													
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
2.2.2	Armado de acero en vigas		100%	100%	1	V - A Ac5								
2.2.3	Encofrado laterales interior vigas		100%	100%	1	V - E_L 3	V - E_L 5							
2.2.4	Encofrado de fondo de losa		100%	100%	1	LA - E2	LA - E3	LA - E5						
2.2.5	Armado de acero de vigas chatas		100%	100%	1	V CH- A Ac4	V CH- A Ac2	V CH- A Ac3	V CH- A Ac5					
2.2.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm		100%	100%	1	LA-LH 4	LA-LH 2	LA-LH 3	LA-LH 5					
2.2.7	Inst. de tuberías eléctricas luminaria		100%	100%	1	LA-IT_L 4	LA-IT_L 2	LA-IT_L 3	LA-IT_L 5					
2.2.8	Colocado acero en viguetas		100%	100%	1	LA_V - A Ac1	LA_V - A Ac4	LA_V - A Ac2	LA_V - A Ac3	LA_V - A Ac5				
2.2.9	Colocado acero de temperatura		100%	100%	1		LA_T - A Ac1	LA_T - A Ac4	LA_T - A Ac2	LA_T - A Ac3				
2.2.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente		100%	75%	0			LA-IT_T 1	LA-IT_T 4	LA-IT_T 2	LA-IT_T 3		10	Tratar de cumplir con lo programado en la semana haciendo uso de los buffers.
2.2.11	Encofrado de frisos de losa		100%	75%	0			LA-E_F 1	LA-E_F 4	LA-E_F 2	LA-E_F 3		10	
2.2.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2		100%	100%	1				V_LA - C*1	V_LA - C*4				
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL													
3.1	COLUMNAS Y PLACAS													
3.1.1	Replanteo de verticales		100%	50%	0					C_P - Re1	C_P - Re4		7	Tratar de hacer cumplir el tren de actividades según lo programado.
3.1.2	Armado de acero en verticales		100%	50%	0					C_P - A Ac1	C_P - A Ac4		7	
3.1.3	Encofrado de verticales		100%	0%	0						C_P - E1		6	Tratar de cumplir con lo programado en la semana haciendo uso de los buffers.
PPC = Total de actividades cumplidas (9) / Total de actividades programadas (14)										PPC=		64.29%		



Tabla 58

PPC y CI - Semana 9

TIPOS DE CAUSA DE INCUMPLIMIENTO		1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé							
		2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible							
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	NOVIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		56	57	58	59	60	61	62		
						L	M	M	J	V	S	D		
						9ª SEMANA								
						18/11/2019	19/11/2019	20/11/2019	21/11/2019	22/11/2019	23/11/2019	24/11/2019		
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL													
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
2.2.9	Colocado acero de temperatura		100%	100%	1	LA-T-A Ac5								
2.2.10	Inst. de tuberías eléctricas tomacorriente		100%	100%	1	LA-IT_T5								
2.2.11	Encofrado de frisos de losa		100%	100%	1	LA-E_F5								
2.2.12	Concreto en losas F'c=210 Kg/cm2		100%	100%	1	V_LA - C*2-3	V_LA - C*5							
2.2.13	Desencofrado de losa		100%	50%	0			V_LA - De1	V_LA - De4		V_LA - De2	V_LA - De3	7	Se recomienda terminar las actividades en su día programado para que no ocurra un cambio de secuencia en las actividades.
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL													
3.1	COLUMNAS Y PLACAS													
3.1.1	Replanteo de verticales		100%	100%	1		C_P - Re2	C_P - Re3	C_P - Re5					
3.1.2	Armado de acero en verticales		100%	100%	1		C_P - A Ac2	C_P - A Ac2_3	C_P - A Ac5					
3.1.3	Encofrado de verticales		100%	100%	1	C_P - E4		C_P - E2	C_P - E3	C_P - E5				
3.1.4	Concreto de verticales		100%	100%	1	C_P - C*1	C_P - C*4		C_P - C*2	C_P - C*3				
3.1.5	Desencofrado de verticales		100%	100%	1		C_P - D1	C_P - D4		C_P - D2				
3.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
3.2.1	Encofrado de fondo de vigas		100%	67%	0			V - EF1	V - EF4		V - EF2		4	Indicar a los contratistas del encofrado proveer su material a usar.
3.2.2	Armado de acero en vigas		100%	100%	1				V - A Ac1	V - A Ac4				
3.2.3	Encofrado laterales vigas		100%	100%	1					V - EL1				
3.2.4	Encofrado de fondo de losa horizontal		100%	100%	1					LA - E1				
		PPC = Total de actividades cumplidas (12) / Total de actividades programadas (14)					PPC=					85.71%		



Tabla 59

PPC y CI - Semana 10

UAC Universidad Andina del Cusco		Plan Semanal - Análisis PPC - Análisis CI - Semana 10												
PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"														
TIPOS DE CAUSA DE INCUMPLIMIENTO:			1. Condiciones inseguras		3. Espacio no liberado		5. Personal no disponible		7. Cambio en la secuencia		9. Cambio de alcance		11. Me olvidé	
			2. Información no disp.		4. Materiales no disp.		6. Predecesora no completa		8. Estimación incorrecta		10. Variaciones no previstas		12. Maquinaria no disponible	
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	NOVIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		63	64	65	66	67	68	69		
						L	M	M	J	V	S	D		
2.0	ESTRUCTURAS SEGUNDO NIVEL													
2.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
2.2.13	Desencofrado de losa		100%	100%	1	V_LA - De5								
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL													
3.1	COLUMNAS Y PLACAS													
3.1.4	Concreto de verticales		100%	100%	1	C_P - C*5								
3.1.5	Desencofrado de verticales		100%	100%	1	C_P - D3	C_P - D5							
3.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
3.2.1	Encofrado de fondo de vigas		100%	100%	1	V - EF3	V - EF5							
3.2.2	Armado de acero en vigas		100%	100%	1	V - A Ac2	V - A Ac3	V - A Ac5						
3.2.3	Encofrado laterales vigas		100%	100%	1	V - EL4	V - EL2	V - EL3	V - EL5					
3.2.4	Encofrado de fondo de losa horizontal		100%	100%	1	LA - E4	LA - E2	LA - E3	LA - E5					
3.2.5	Armado de acero de vigas chatas		100%	100%	1	V CH - A Ac1	V CH - A Ac4	V CH - A Ac2	V CH - A Ac3	V CH - A Ac5				
3.2.6	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm		100%	100%	1	LA - LH1	LA - LH4	LA - LH2	LA - LH3	LA - LH5				
3.2.7	Inst. de tuberías eléctricas alumbrado		100%	100%	1	LA - IT1	LA - IT4	LA - IT2	LA - IT3	LA - IT5				
3.2.8	Colocado acero en viguetas		100%	100%	1		LA - A Ac1	LA - A Ac4	LA - A Ac2	LA - A Ac3				
3.2.9	Colocado acero de temperatura		100%	100%	1		LA - A Ac1	LA - A Ac4	LA - A Ac2	LA - A Ac3				
3.2.10	Encofrado frisos losa		100%	75%	0			LA - E_F1	LA - E_F4	LA - E_F2	LA - E_F3	5	Coordinar con el subcontratista sobre los pagos a sus trabajadores, ya que su ausencia perjudica en el avance de las actividades llevadas a cabo por la empresa.	
3.2.11	Concreto en vigas y losa horizontal		100%	100%	1			V_LA - C*1	V_LA - C*4					
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA													
4.1	COLUMNAS Y PLACAS													
4.1.1	Acero en verticales techo		100%	50%	0				C_P - Ac_1	C_P - Ac_4		6		
4.1.2	Asentado de ladrillos		100%	50%	0				ALA_1	ALA_4		6		
4.1.3	Encofrado de fondo de vigas - techo		100%	0%	0					VT - E_1	VT - E_1	2	Prever las posibles interferencias que surgan en el proceso constructivo y hacer las consultas necesarias con anticipación.	
PPC = Total de actividades cumplidas (13) / Total de actividades programadas (17)											PPC=	76.47%		



Tabla 60

PPC y CI - Semana 11

TIPOS DE CAUSA DE INCUMPLIMIENTO		1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé							
		2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible							
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	DICIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		70	71	72	73	74	75	76		
						L	M	M	J	V	S	D		
				11ª SEMANA										
				02/12/2019 03/12/2019 04/12/2019 05/12/2019 06/12/2019 07/12/2019 08/12/2019										
3.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL													
3.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
3.2.8	Colocado acero en viguetas		100%	100%	1	LA - A Ac5								
3.2.9	Colocado acero de temperatura		100%	100%	1	LA - A Ac5								
3.2.10	Encofrado frisos losa		100%	100%	1	LA-E_F 5								
3.2.11	Concreto en vigas y losa horizontal		100%	100%	1	V_LA - C*2-3	V_LA - C*5							
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA													
4.1	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
4.1.1	Acero en verticales techo		100%	100%	1		C_P - Ac_2 3	C_P - Ac_5						
4.1.2	Asentado de ladrillos		100%	100%	1		ALA_2-3	ALA_5						
4.1.3	Encofrado de fondo de vigas - techo		100%	100%	1	VT-E_4	VT-E_2	VT-E_3	VT-E_5					
4.1.4	Armado de acero en vigas de techo		100%	100%	1	VT_Ac 1	VT_Ac 4	VT_Ac 2	VT_Ac 3	VT_Ac 5				
4.1.5	Encofrado laterales interior vigas		100%	100%	1		V-E_L 1	V-E_L 4	V-E_L 2	V-E_L 3				
4.1.6	Encofrado de losa inclinado		100%	67%	0			LI_E1		LI_E4	LI_E2		5	
4.1.7	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm		100%	50%	0				LI_LH 1		LI_LH 4		6	
4.1.8	Colocado de acero en viguetas techo		100%	100%	1					VT - A Ac1				
		PPC = Total de actividades cumplidas (10) /Total de actividades programadas (12)										PPC=	83.33%	



Tabla 61

PPC y CI - Semana 12

TIPOS DE CAUSA DE INCUMPLIMIENTO		1. Condiciones inseguras	3. Espacio no liberado	5. Personal no disponible	7. Cambio en la secuencia	9. Cambio de alcance	11. Me olvidé							
		2. Información no disp.	4. Materiales no disp.	6. Predecesora no completa	8. Estimación incorrecta	10. Variaciones no previstas	12. Maquinaria no disponible							
ITEM	ACTIVIDADES	RESPON.	META		COMPLETADA	DICIEMBRE - 2019							CI	¿Qué se hará diferente la próxima vez?
			COMPROMETIDA	ALCANZADA		77	78	79	80	81	82	83		
						12° SEMANA								
						L	M	M	J	V	S	D		
						09/12/2019	10/12/2019	11/12/2019	12/12/2019	13/12/2019	14/12/2019	15/12/2019		
4.0	ESTRUCTURAS TERCER NIVEL LOSA INCLINADA													
4.1	VIGAS Y LOSA ALIGERADA													
4.1.5	Encofrado laterales interior vigas		100%	100%	1	V - E_L 5								
4.1.6	Encofrado de losa inclinado		100%	100%	1	LI_E3	LI_E5							
4.1.7	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm		100%	100%	1	LI_LH 2	LI_LH 3	LI_LH 5						
4.1.8	Colocado de acero en viguetas techo		100%	100%	1	VT - A Ac4	VT - A Ac2	VT - A Ac3	VT - A Ac5					
4.1.9	Colocado de acero de temperatura techo		100%	100%	1	LA_T - A Ac1	LA_T - A Ac4	LA_T - A Ac2	LA_T - A Ac3	LA_T - A Ac5				
4.1.10	Inst. de tuberías eléctricas luminaria		100%	100%	1	LA-IT_L 1	LA-IT_L 4	LA-IT_L 2	LA-IT_L 3	LA-IT_L 5				
4.1.11	Concreto en losa inclinado F'c=210 Kg/cm2		100%	50%	0		LI - C°1	LI - C°4			LI - C°5	LI - C° 2 y 3	10	
PPC = Total de actividades cumplidas (6) / Total de actividades programadas (7)						PPC=						85.71%		



Figura 62

Diagrama Resumen del Porcentaje de Plan Cumplido

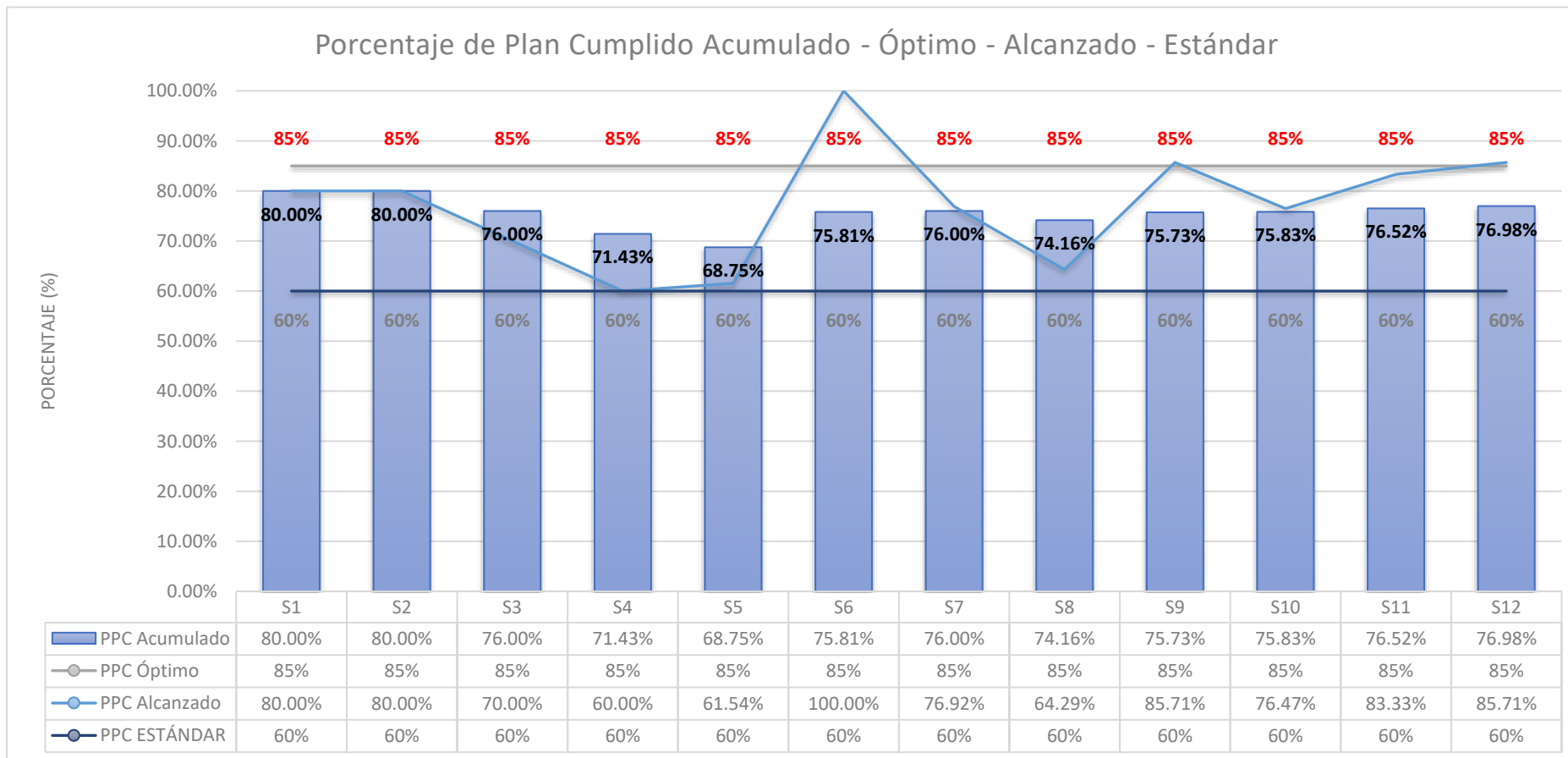




Tabla 62

Descripción de CI – Parte I

Tabla de Descripción de Causas de Incumplimiento		
Información no disponible (2)	(S10)	Esta CI fue debido a que surgieron consultas sobre el armado de la losa del 3er nivel, ya que los planos de referencia no habían sido estudiados por el Subcontratista y este tenía errores, los cuales fueron consultados a la Residencia y a la Supervisión, la absolución a estas consultas demoró, por lo cual no se pudo concluir con la actividad el día programado.
Materiales no disponibles (4)	(S9)	Visto que en la semana 9 no se desencofró según a lo previsto, hizo falta material para poder ejecutar la actividad de Encofrado de fondo de viga 3er nivel en el sector 2.
Personal no disponible (5)	(S2)	La actividad programada, Izado de verticales en el sector 3 no pudo ser concluida por el personal, debido a su bajo rendimiento y a su reducido número de operarios fierros del día jueves 03 de octubre, lo cual se reflejó en la demora para habilitar todas las parrillas para zapatas del sector 03 y por ende no se concluyó en el día la actividad programada. La actividad Izado de verticales fue concluida el día sábado 05 de octubre (buffer).
	(S4)	A pesar del requerimiento de personal fierro que se realizó previamente a la ejecución de la actividad Armado de acero en vigas, el personal contratado de la zona no fue el adecuado para efectuar las tareas, se notó un bajísimo rendimiento y se les tuvo que bajar de rango.
	(S10)	Debido a un descuido en los pagos por parte del Subcontratista, el personal de los encofrados se fue retirando de la obra, ocasionando posteriores retrasos y reprogramaciones.
	(S11)	El personal encargado del Encofrado de losa inclinada no fue el adecuado, ya que debido a la complejidad de su armado requería de mayor número de personal calificado para ejecutar dicha actividad. Esto a su vez originó que las actividades no fueran concluidas en su día, necesitando un día más para su conclusión.
Predecesora no completa (6)	(S2)	La actividad programada, Concreto en zapatas en el sector 3, no fue concluida en el día programado a consecuencia de que su actividad predecesora Izado de verticales tampoco fue concluida el día anterior, retrasando de esa forma la actividad programada. La actividad, Concreto en zapatas fue concluida el día sábado 05 de octubre (buffer).
	(S3)	La actividad de Relleno y compactado inconclusa debido al fallo de maquinaria, trajo consigo que la actividad siguiente a esta Replanteo de verticales en los sectores 1y 4, y Encofrado en verticales correspondientes al sector 1, tengan que ser postergados para los días siguientes a su programación inicial. Razón por la cual se identificó la CI de Predecesora no completa.
	(S4)	Debido a que el Subcontratista de encofrados incumplió con su contrato donde debía contar con 20 personales inicialmente para no afectar el flujo de actividades establecidas en el tren de actividades, éste incumplió con la actividad de Encofrados de verticales en el sector 2 prevista para el día martes 15, haciendo de esa manera correr la programación de las actividades Encofrado de verticales en los sectores 2, 3 y 5, Concreto en verticales en los sectores 2, 3 y 5, desencofrado de verticales en los sectores 2 y 3, y Encofrado en fondo de vigas del sector 2.
	(S5)	La lluvia ocurrida el día 25 de octubre, trajo consigo la demora en la ejecución del encofrado de losa del sector 3 y 5, lo cual, a su vez por no estar concluida la actividad, llevó a la postergación de las actividades programadas como el Armado de acero en vigas chatas, el colocado de ladrillo hueco en losas y las instalaciones de tuberías eléctrica, todas estas actividades en el sector 3 previstas para el día viernes. Las actividades anteriormente mencionadas fueron ejecutadas el día sábado 26 (dentro del buffer).
	(S8)	Al no contar con las actividades concluidas de Replanteo y Armado de acero en verticales 3er nivel en sus fechas programadas, el Encofrado de verticales para el 3er nivel del sector 1 se tuvo que realizar el día sábado (buffer).
	(S10)	Las actividades de Encofrados de frisos del 3er nivel en los sectores 1,2,3 y 4 al no poder ser concluidos, ocasionó que sus actividades sucesoras, Acero en verticales de techo y Asentado de ladrillos sean ejecutadas un día posterior a lo programado. Razón por la cual se tuvo la CI de Predecesora no completa.
	(S11)	Al no tener lista la losa inclinada encofrada, no fue posible el Colocado de ladrillos de arcilla hueco, actividad que fue realizada al día siguiente de culminar con el Encofrado de la losa inclinada en el techo del sector 4.



Tabla 63

Descripción de CI - Parte II

Tabla de Descripción de Causas de Incumplimiento		
Cambio en la secuencia (7)	(S7)	Surgió un cambio de secuencia, debido a la mala estimación de la duración de las
	(S8)	Debido al retraso a consecuencia de las lluvias, se tuvieron que reprogramar la ejecución de los vaciados de concreto en losas 2do nivel en los sectores 1 y 4, trayendo consigo un cambio en la secuencia para las actividades sucesoras de replanteo en verticales y el armado de acero en verticales 2do nivel en los sectores 1 y 4.
	(S9)	En la semana 8 se observó que los Vaciados de concreto en losas 2do Nivel de los sectores 1 y 4 se realizaron en días posteriores a su fecha programada, esto trajo un Cambio en la secuencia para la actividad de Desencofrado de losas en los sectores 1, 2, 3 y 4. Actividades que el subcontratista se comprometió a culminar en la semana 9, y lo cual se efectuó hasta el día domingo 24 de noviembre.
Estimación incorrecta (8)	(S7)	A consecuencia de una mala estimación en la duración de las actividades programadas para el día miércoles 6 de noviembre, no se logró ejecutar la actividad de encofrado de fondo de vigas 2do nivel, por lo que esta actividad y sus actividades sucesoras tuvimos que correr la programación un día a la programación inicial. Por lo que se tuvo que solicitar incremento de personal.
Variaciones no previstas (10)	(S5)	La presencia de lluvias en horas de la mañana ocurrido el día viernes 25 de octubre, trajo consigo la interrupción de las actividades programadas para este día, por lo que no se pudo continuar con el flujo de las actividades. Impidiendo la ejecución de los encofrados de fondo de losa en el sector 3 y encofrado de frisos de losa en el sector 4.
	(S8)	Las lluvias ocurridas en la semana 8, imposibilitó concluir con las actividades en sus fechas programadas, agregando más tiempo y por ende más días en la conclusión de las actividades programadas.
	(S12)	La lluvia ocurrida el día viernes 13 de diciembre, imposibilitó el Vaciado de losa inclinada en el sector 2 y 3, actividad que fue ejecutada el día domingo y no el sábado ya que para este día se tenía previsto el Vaciado de losa inclinada en el sector 4.
Maquinaria no disponible (12)	(S1)	Debido a que se iniciaron trabajos de excavación en otro frente (Módulo 3 de la obra), se llevó urgentemente la retroexcavadora para abrir frente en el espacio de trabajo, lo cual trajo esta causa de incumplimiento en el sector 3 (Módulo 1 de la obra), impidiendo que se excave la zanja para zapatas.
	(S3)	El día miércoles 09 de octubre surgieron problemas mecánicos con la excavadora e inmediatamente se tomaron las respectivas medidas para su reparación, lo cual lamentablemente hizo que la actividad programada para un día Relleno y compactado en el sector 1, se extendió hasta el día siguiente, afectando de esa manera a las siguientes actividades de Relleno y compactado en los sectores 2 y 4, corriéndose la programación para estas actividades un día posterior a su programación.

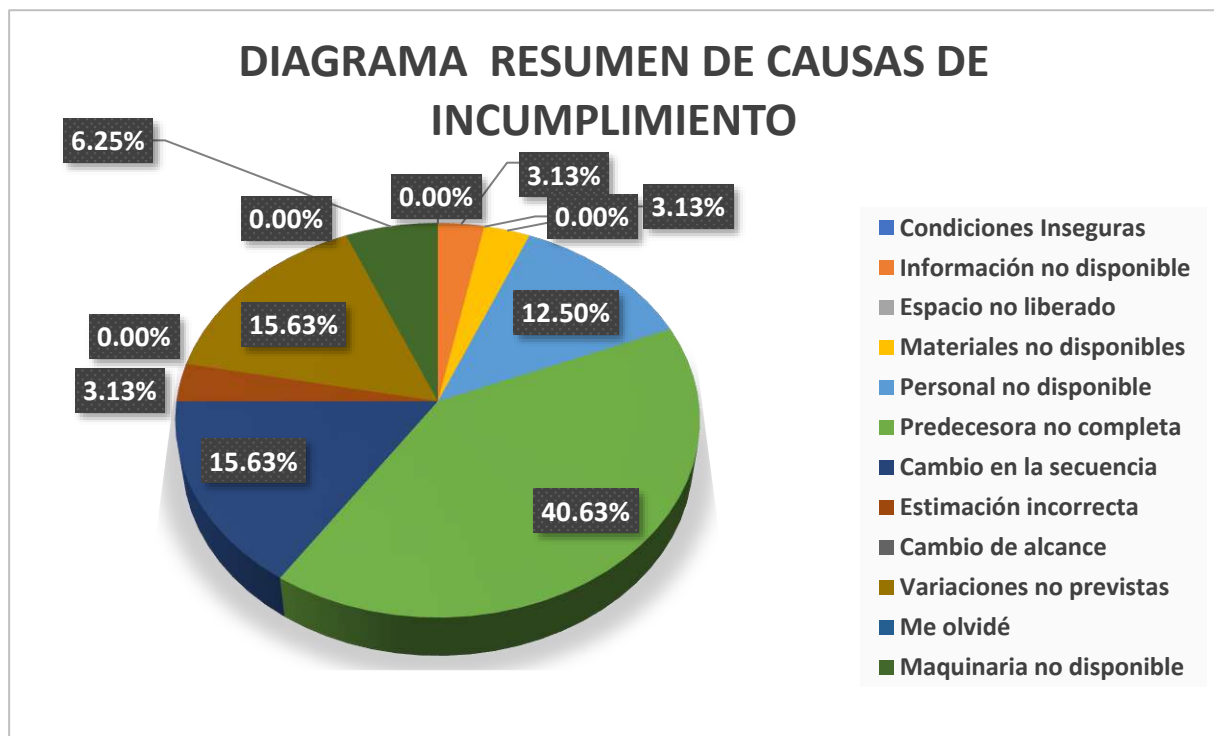
Tabla 64

Cuadro Resumen de CI

ID	Causas de Incumplimiento	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	Nro de veces	Acumulado
1	Condiciones Inseguras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
2	Información no disponible	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3.13%
3	Espacio no liberado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
4	Materiales no disponibles	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3.13%
5	Personal no disponible	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	4	12.50%
6	Predecesora no completa	0	1	2	3	3	0	0	1	0	2	1	0	13	40.63%
7	Cambio en la secuencia	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	5	15.63%
8	Estimación incorrecta	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3.13%
9	Cambio de alcance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
10	Variaciones no previstas	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	5	15.63%
11	Me olvidé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
12	Maquinaria no disponible	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6.25%
TOTAL		1	2	3	4	5	0	3	5	2	4	2	1	32	100.00%

Figura 63

Diagrama Resumen de Causas de Incumplimiento



c) Análisis de la Prueba

Los PPC y las CI son analizados al término cada semana como se puede apreciar en las tablas, para su mejor comprensión se realizaron diagramas resumen que ayudan a entender la evolución del PPC y las CI que más repercuten a lo largo de la ejecución de la obra “Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco”.

El análisis del PPC sirven como indicador de cuan eficiente es el equipo planificador y la extracción de las CI sirven para aprender de los errores presentes en la ejecución de la obra.



3.6.3 Procedimiento de Análisis de Datos para la Obtención de la Productividad en Obra

a) Procesamiento

Una vez llenados los formatos de Carta Balance con los datos obtenidos campo, mediante fórmulas utilizadas en Microsoft Excel, automáticamente obtendremos los porcentajes diarios de trabajo productivo, trabajo contributivo, trabajo no contributivo, porcentaje de las actividades que se realizaron dentro de estas categorías y el porcentaje de productividad por obreros.

Con ello, se elaboró en una hoja Excel diagramas resumen de los porcentajes de trabajo por sectores y por niveles, así como también un diagrama que muestra la evolución de las categorías de trabajo por niveles, los cuales mostraremos en el siguiente ítem.

b) Diagramas y Tablas

Tabla 65

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 1

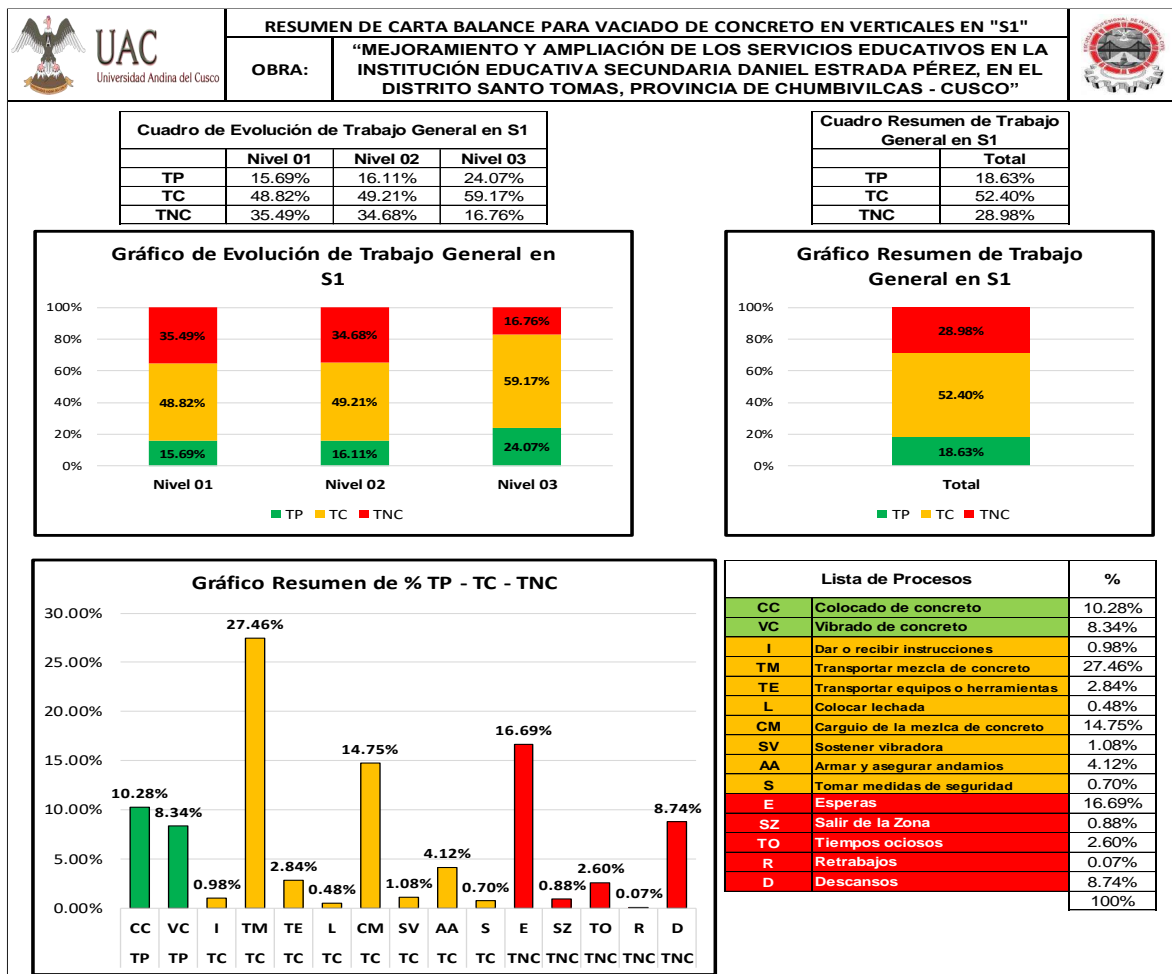




Tabla 66

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 2

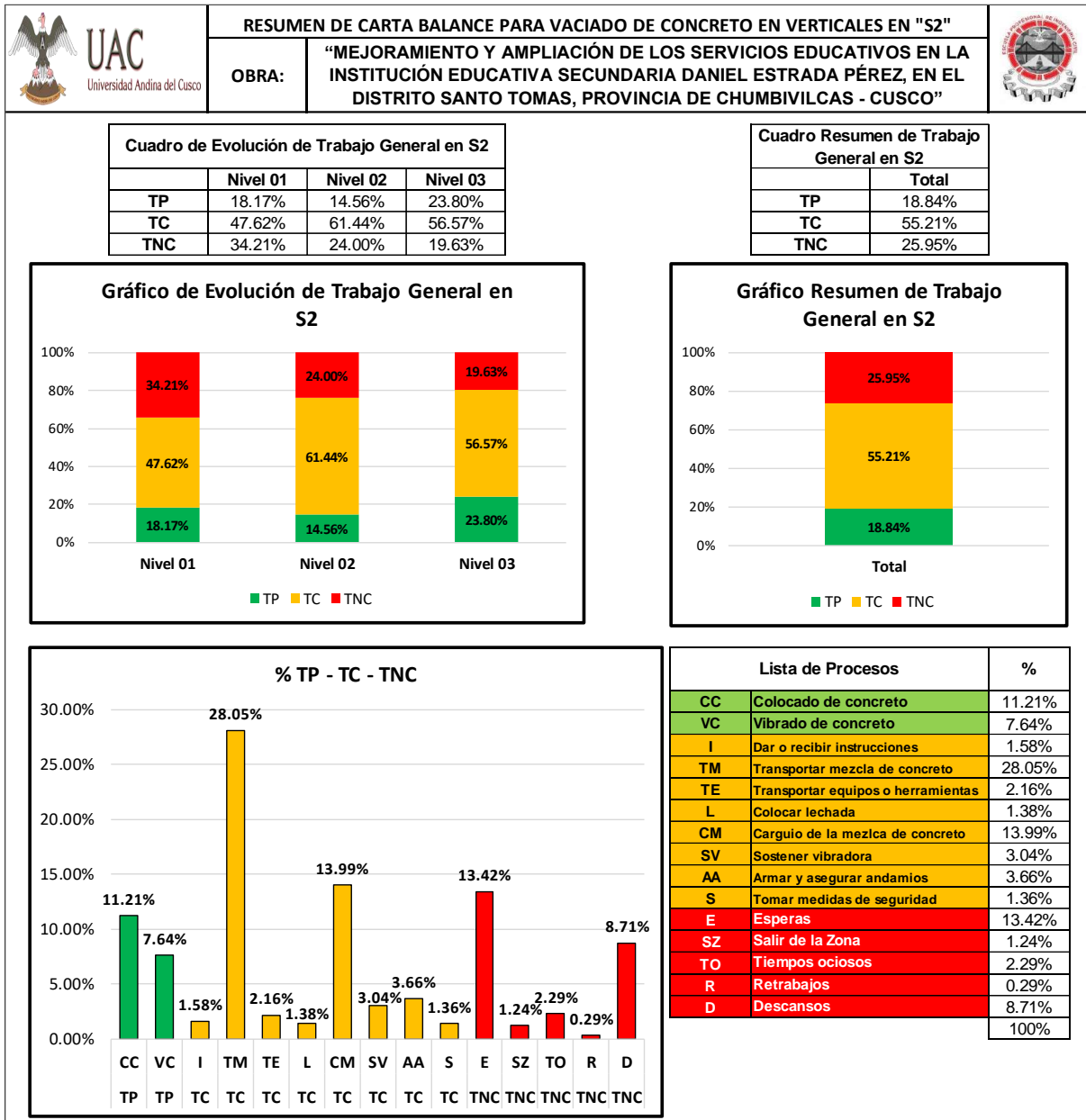




Tabla 67

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 3

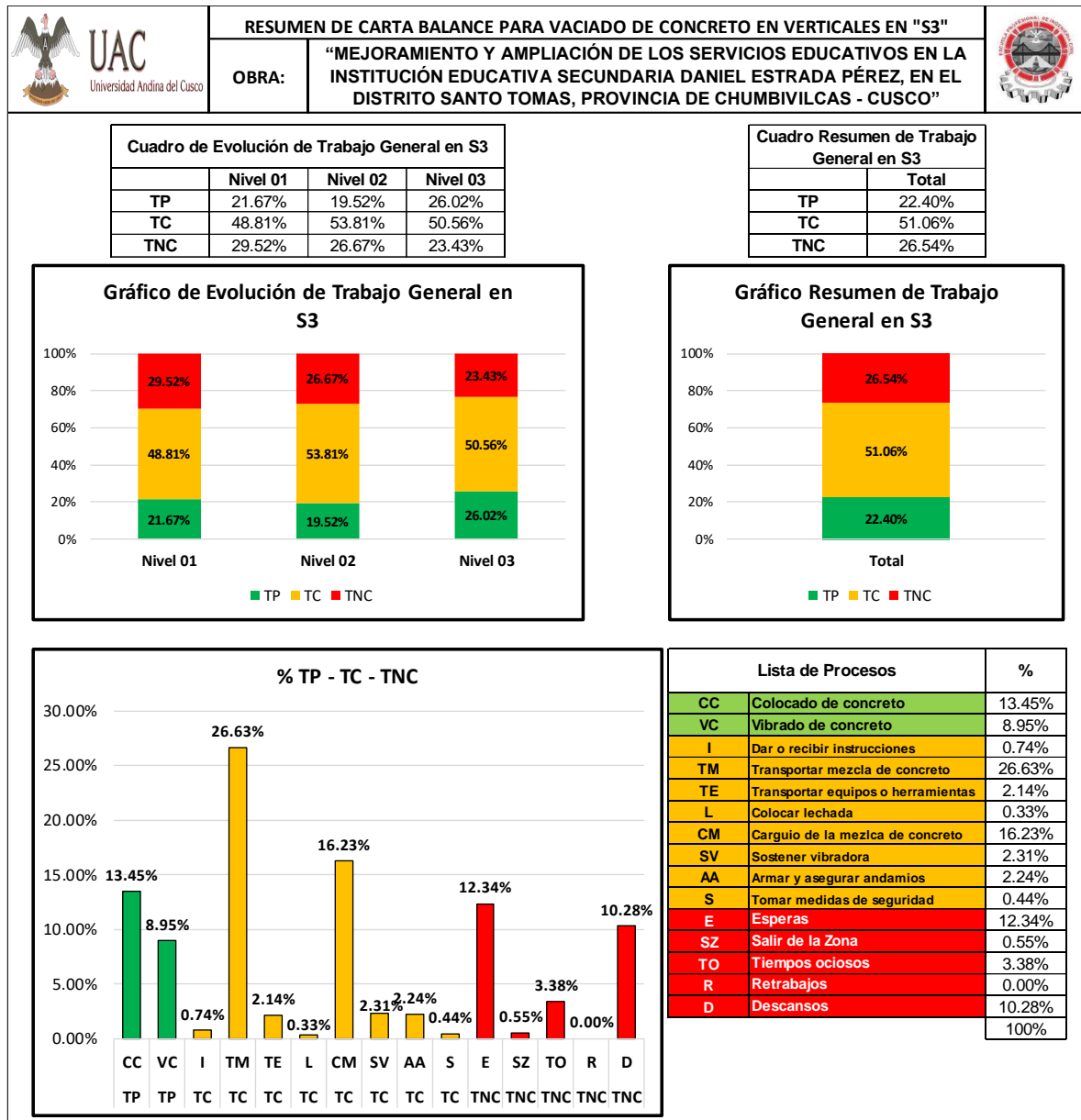




Tabla 68

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 4

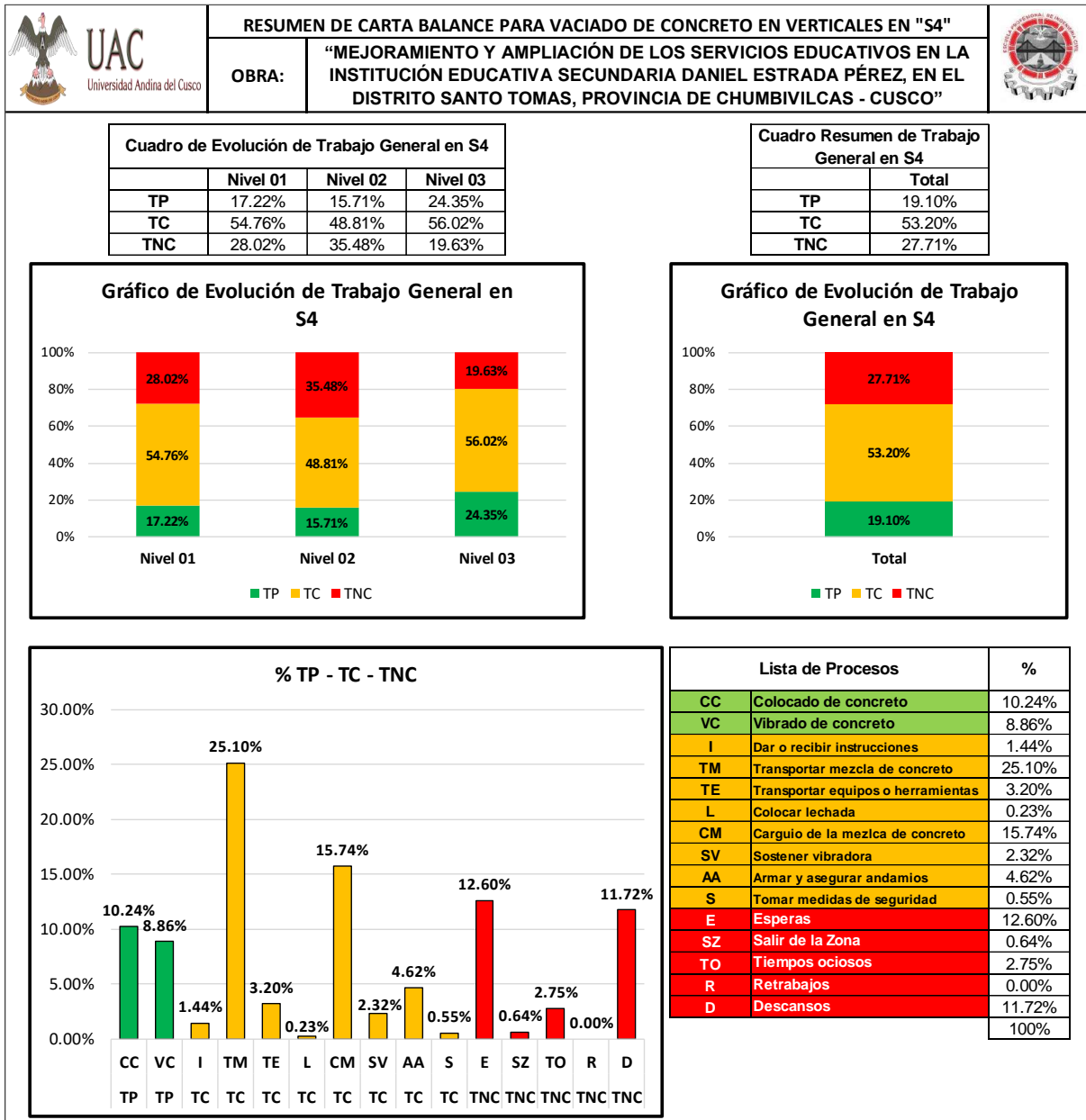




Tabla 69

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Verticales Sector 5

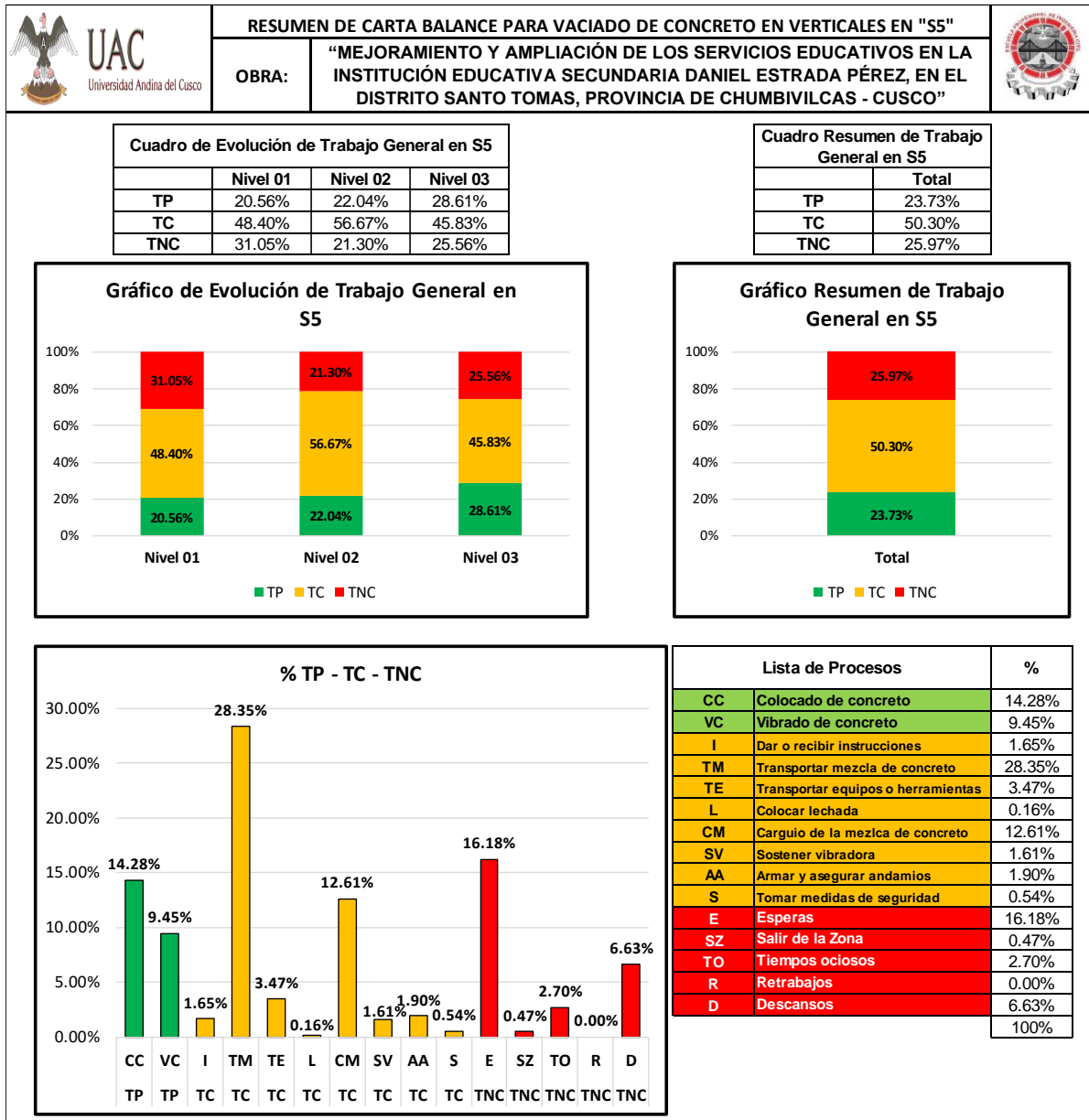




Tabla 70

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector I

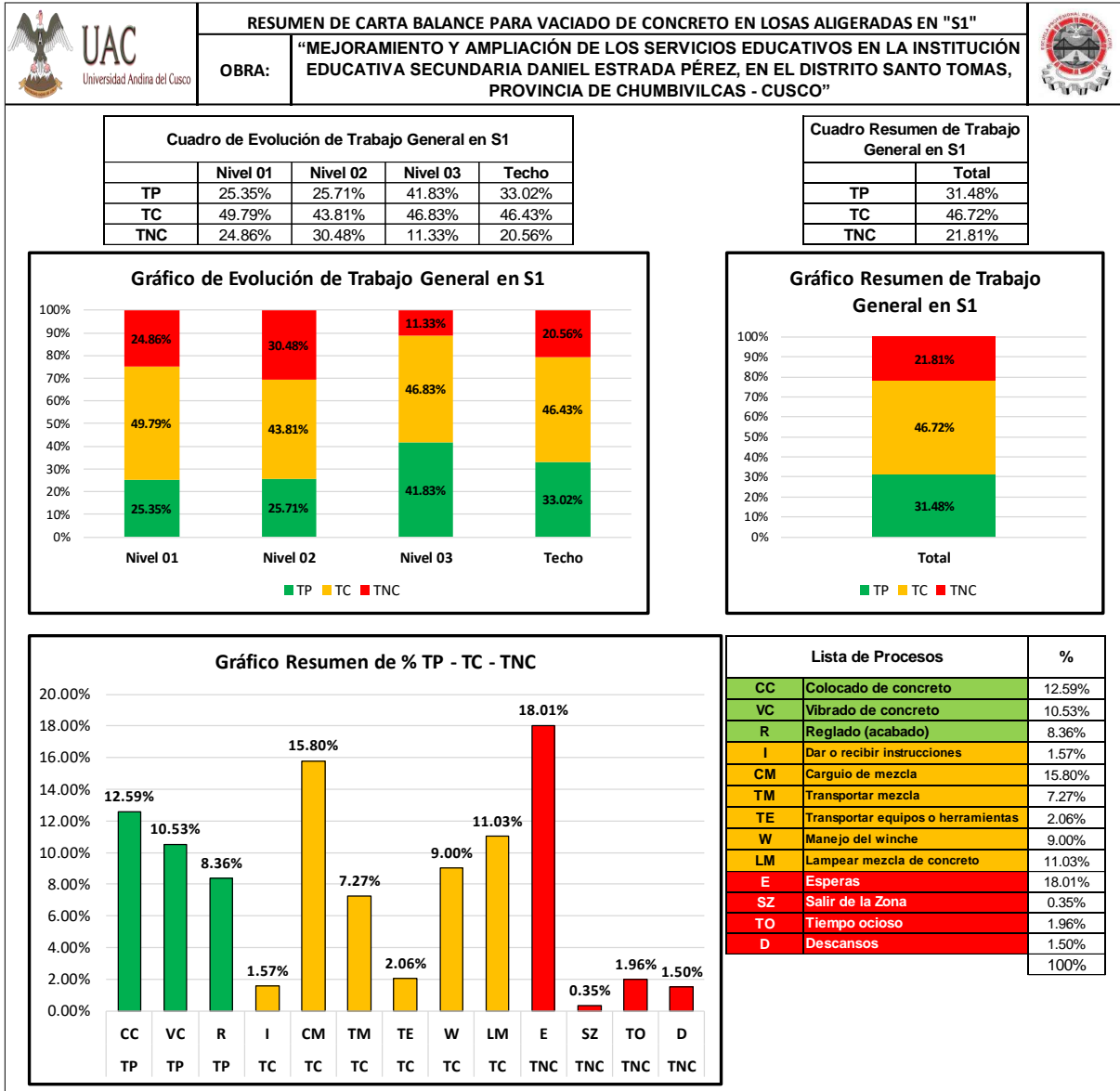




Tabla 71

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 2-3

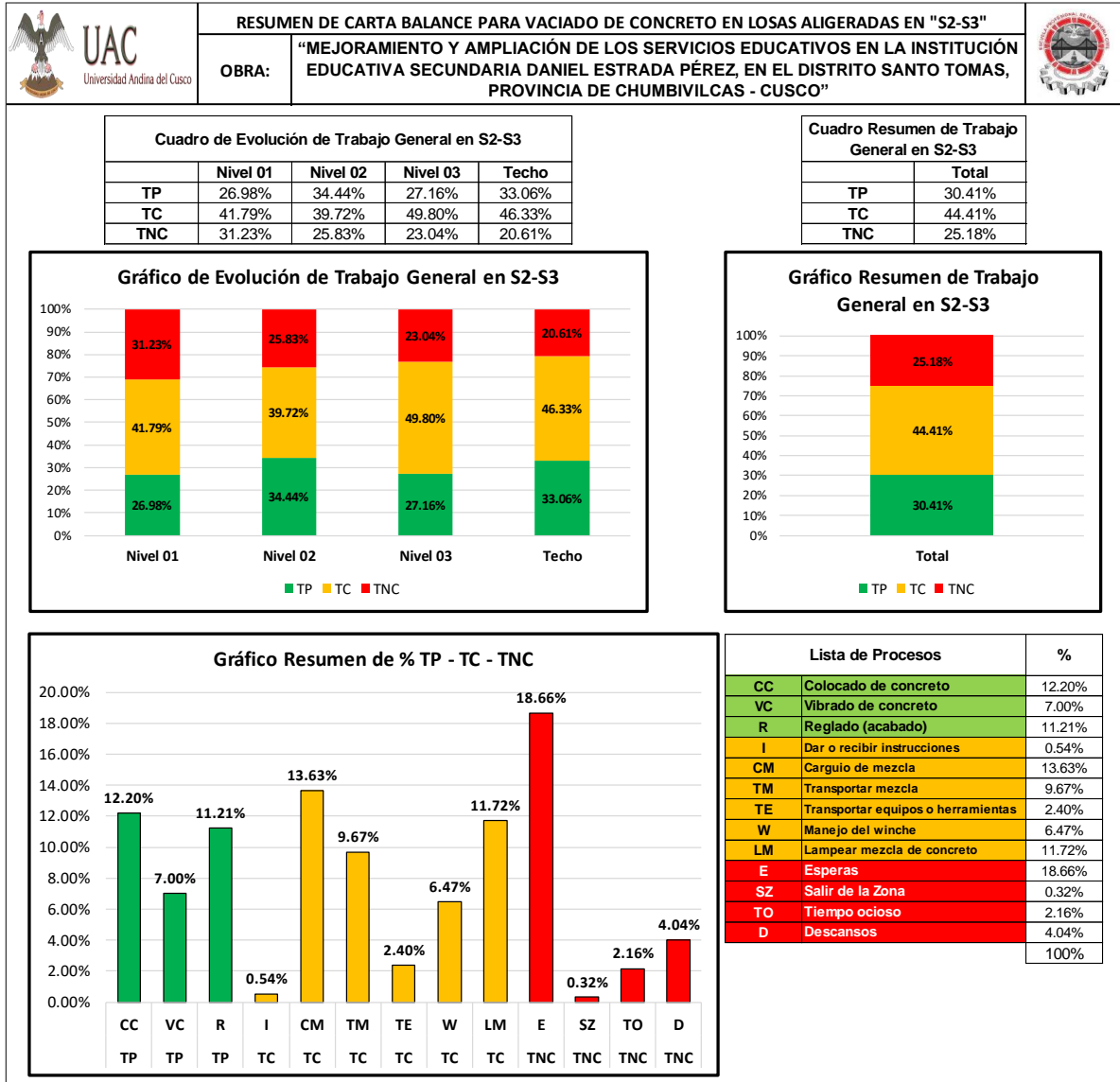




Tabla 72

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 4

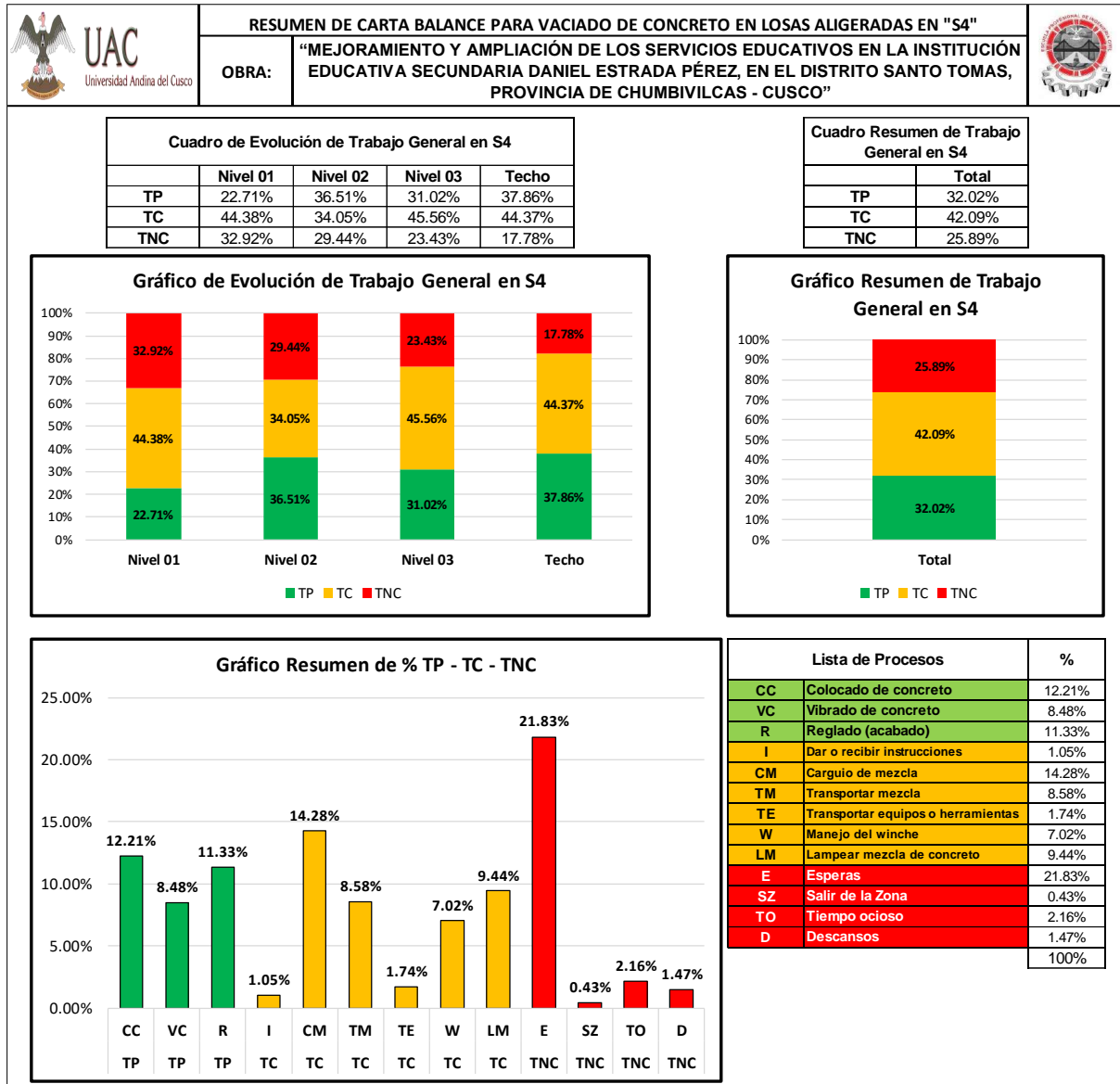
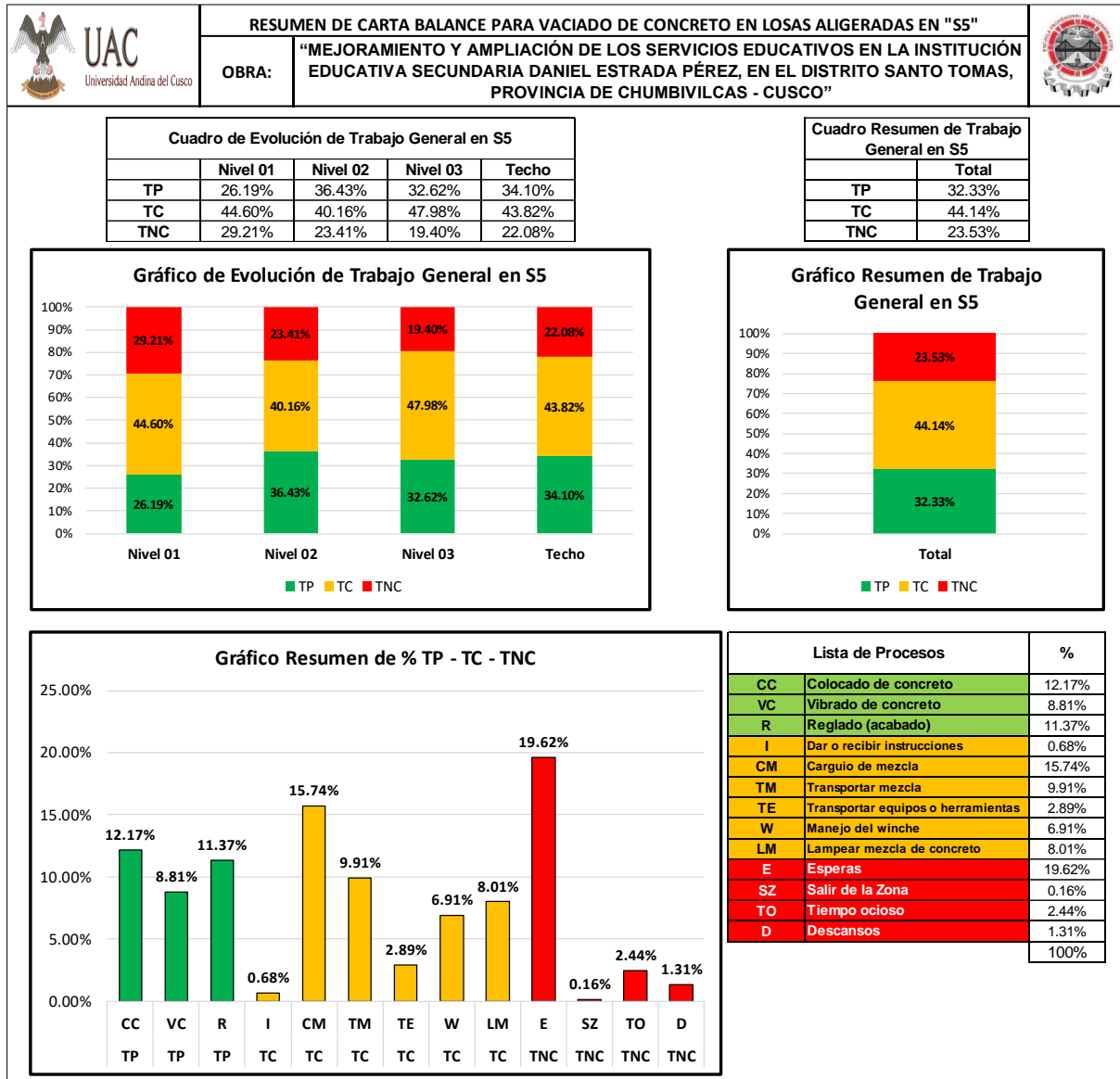




Tabla 73

Resumen CB para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas Sector 5





c) Análisis de la Prueba

Obtenidos los resúmenes de las cartas balances pertenecientes a los vaciados de concreto en verticales y los vaciados de concreto en losas aligeradas, observamos que el porcentaje de trabajo no contributorio fue reduciéndose y el trabajo productivo fue incrementándose conforme a la evolución del trabajo por niveles, de esto podemos deducir que gracias al trabajo repetitivo y a las recomendaciones impartidas a los obreros se pudo reducir el porcentaje de actividades que no agregan valor e incrementar el porcentaje de trabajo que sí agregan valor.

En cuanto al trabajo contributorio podemos observar que es el de mayor porcentaje y esto nos indica que la mayor cantidad de tiempo está destinada a las actividades que no agregan valor pero que son necesarias para conducir a tener un trabajo productivo. Cabe mencionar que se trató de reducir el tiempo de estas actividades, mediante recomendaciones para optimizar el tiempo de las actividades contributorias, pero el cambio no fue el esperado.

3.6.4 Procedimiento de Análisis de Datos, Encuesta para Evaluar el % de Grado de Percepción de la Implementación 4D.

a) Procesamiento

Para realizar el procesamiento de las encuestas se realizó un análisis de procesos jerárquicos el cual ayudara a definir un peso a cada encuestado para poder considerar adecuadamente un porcentaje adecuado según su importancia, este proceso fue realizado de la siguiente manera:

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.



Tabla 74

Escala numérica de comparación Saaty

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
1	Igual	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Elaborado por CENEPRED Perú.

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna). La diagonal de la matriz siempre será la unidad por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso), como se muestra en la Tabla 75.

Tabla 75

Matriz de comparación de pares, Saaty

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES						
PARAMETRO	Residente	Producción 01	Producción 02	Calidad	Seguridad	Topografo
Residente	1.000	3.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Producción 01	0.333	1.000	1.000	3.000	5.000	7.000
Producción 02	0.333	1.000	1.000	3.000	5.000	7.000
Calidad	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
Seguridad	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Topografo	0.111	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	2.121	5.676	5.676	12.533	21.333	32.000
1/SUMA	0.472	0.176	0.176	0.080	0.047	0.031

Fuente: Elaborado por CENEPRED Perú.



Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

Tabla 76

Matriz de Normalización

MATRIZ DE NORMALIZACION							
PARAMETRO	Residente	Producción 01	Producción 02	Calidad	Seguridad	Topografo	Vector Priorizacion
Residente	0.472	0.529	0.529	0.399	0.328	0.281	0.423
Producción 01	0.157	0.176	0.176	0.239	0.234	0.219	0.200
Producción 02	0.157	0.176	0.176	0.239	0.234	0.219	0.200
Calidad	0.094	0.059	0.059	0.080	0.141	0.156	0.098
Seguridad	0.067	0.035	0.035	0.027	0.047	0.094	0.051
Topografo	0.052	0.025	0.025	0.016	0.016	0.031	0.028
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Porcentaje (%)
42.282
20.034
20.034
9.807
5.084
2.759

PESO PONDERADO DE LOS PARAMETROS

Fuente: Elaborado por CENEPRED Perú.

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 77

Tabla Hallando Vector Suma Ponderado

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO						
Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderado
0.423	0.601	0.601	0.490	0.356	0.248	2.719
0.141	0.200	0.200	0.294	0.254	0.193	1.283
0.141	0.200	0.200	0.294	0.254	0.193	1.283
0.085	0.067	0.067	0.098	0.153	0.138	0.607
0.060	0.040	0.040	0.033	0.051	0.083	0.307
0.047	0.029	0.029	0.020	0.017	0.028	0.168

HALLANDO EL λ_{max}	
	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
	6.432
	6.405
	6.405
	6.186
	6.035
	6.102
SUMA	37.566
PROMEDIO	6.261
IR	0.052
RC	0.042

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

Fuente: Elaborado por CENEPRED Perú.



Verificamos la relación de consistencia donde $RC - 0.042$ es < 0.1 , por lo que nuestro peso ponderado de los parámetros (encuestados) es correcto.

Por lo el análisis de procesos jerárquicos empleado según Satty, nos indica el porcentaje de cada encuestado, siendo estos los siguientes porcentajes:

Tabla 78

Escala numérica de análisis jerárquico encuestados

ENCUESTADO	Residente	Producción 01	Producción 02	Calidad	Seguridad	Topografo
Porcentaje (%)	42.28	20.03	20.03	9.81	5.08	2.76

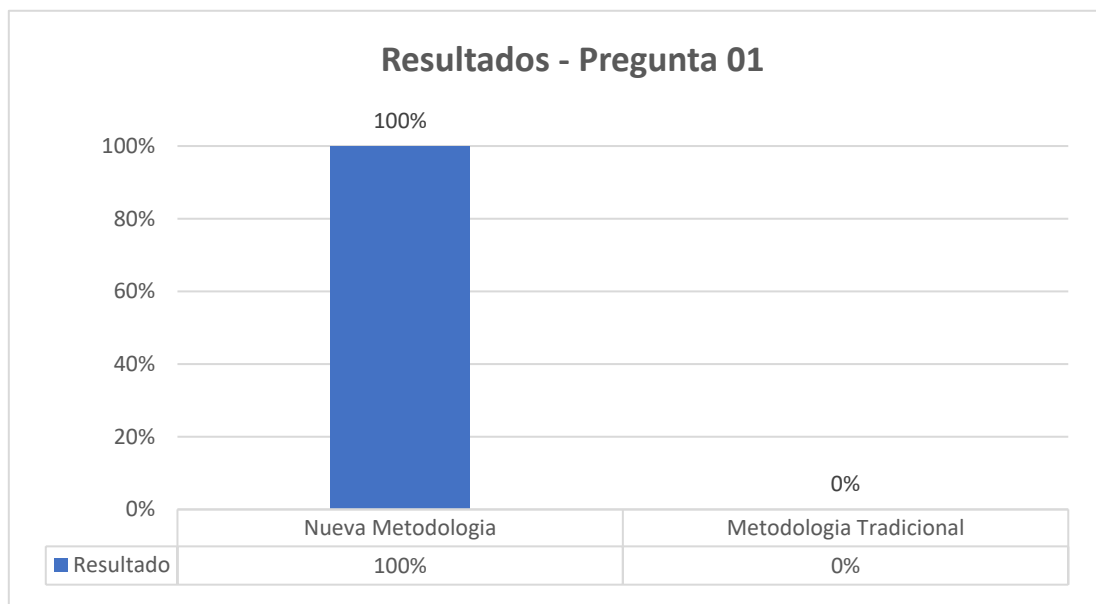
Fuente: Elaborado por CENEPRED Perú.

b) Diagrama y Tablas

Realizada la encuesta en una primera etapa están relacionadas

Figura 64

Resultados Interrogante 01

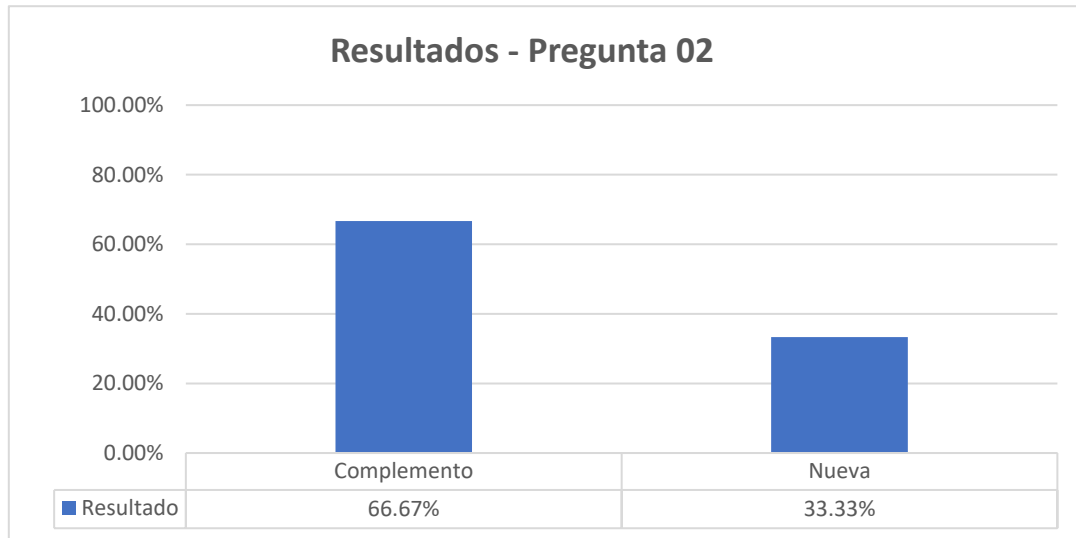


Fuente: Fuente propia.



Figura 65

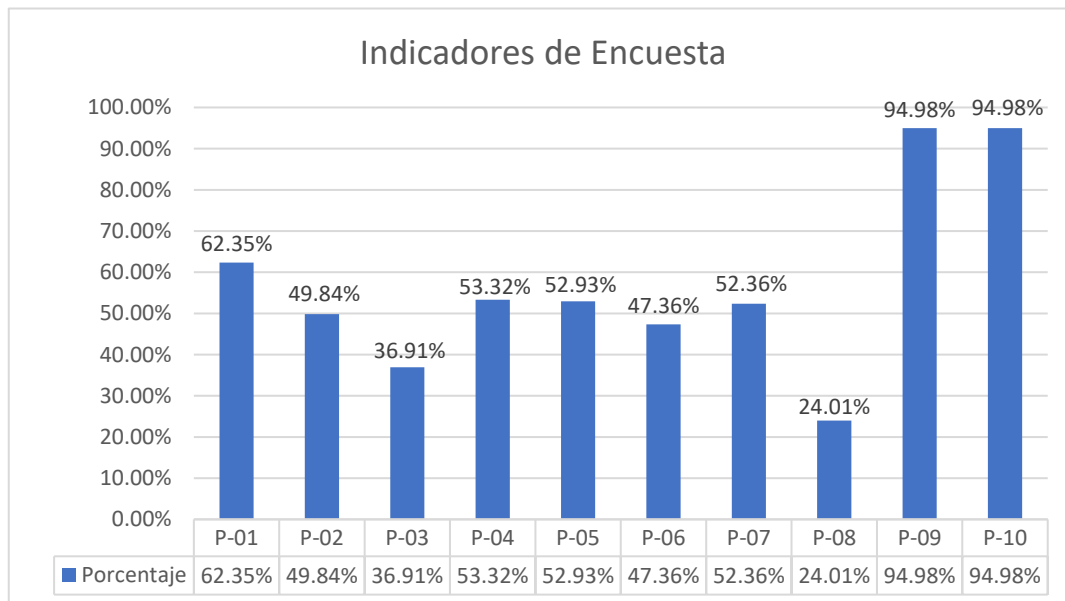
Resultados Interrogante 02



Fuente: Fuente propia.

Figura 66

Indicadores de Encuesta.



Fuente: Fuente propia.

c) Análisis de la Prueba

Según las tablas colocado en el inciso de tablas diagramas y tablas podemos tener el siguiente análisis de acuerdo a cada tabla obtenida, tomando en consideración el criterio de respuesta, donde los valores tomados fueron del 1 (Mínimo) al 5 (Máximo), representando en escala porcentual de 0% a 100% respectivamente:



- En la figura 64 podemos observar el resultado obtenido respecto a la primera interrogante. ¿Usted considera que el Lean Construction es una Metodología tradicional o es una Nueva metodología para la ejecución de proyectos de construcción?, teniendo un 100% a la alternativa que indica que el Lean Construction es una nueva metodología.
- En la figura 65 podemos observar el resultado obtenido respecto a la segunda interrogante. ¿Usted considera que el Lean Construction utiliza un procedimiento totalmente "Nuevo" o es un "Complemento" con la ejecución de proyectos de construcción de la manera tradicional?, teniendo como respuesta que el 66.67% de los encuestados consideran el Lean Construction como un complemento y el 33.33% considera el Lean Construction como una nueva metodología.
- Los resultados de la figura 66 fueron afectados respecto al resultado obtenido en la tabla 78, donde nos muestran los indicadores del análisis jerárquico realizado para los encuestados, donde cada encuestado tiene un porcentaje distinto de acuerdo a la jerárquica que representaba en el proyecto, teniendo como resultado por cada interrogante lo que se presenta a continuación.
 - Interrogante 01: Tenemos como resultado que un 62.35%, escucho de la metodología Lean construcción, siendo un valor por encima de la media.
 - Interrogante 02: Sobre el resultado del nivel de conocimiento del Lean Construction del equipo de proyecto, antes de la ejecución del proyecto, fue de 49.84% siendo necesario la inducción que se realizado antes de la implementación para reforzar su conocimiento.
 - Interrogante 03: Toma en cuenta la aplicación de la metodología Lean Construction en proyectos anteriores, tenemos la respuesta del residente de obra, indicando que tuvo una aplicación media y del resto del equipo una aplicación nula, por lo que la experiencia conjunta del equipo de proyecto es de 36.91%, considerando que la experiencia en proyectos pasados es baja.
 - Interrogante 04: En esta interrogante nos referimos, a si el equipo de proyecto escucho con anterioridad sobre la metodología BIM, teniendo respuestas variadas, siendo la más alta de la Ing. Ana de Calidad, por lo que promedio de todos aplicando el análisis jerárquico es de 53.32%, siendo esta un valor medio.
 - Interrogante 05: Sobre el conocimiento acerca de un modelo 3D, tenemos un conocimiento medio siendo en valor de 52.93%.



- Interrogante 06: Sobre el conocimiento acerca de un modelo 4D, tenemos un resultado de 47.36%, siendo este por debajo el medio.
- Interrogante 07: Sobre el conocimiento acerca de la utilización de los softwares para la implementación de los modelos 3D y 4D, tenemos un resultado de 52.36%, siendo el residente, calidad y topógrafo los que indicaron de manera media el conocimiento de que software se utilizan.
- Interrogante 08: Para esta interrogante consultamos sobre la experiencia que tienen en la aplicación de modelos 3D y 4D en proyectos pasados, teniendo como resultado el indicador más bajo con 24.01%, por lo que podemos decir que su experiencia en la aplicación es baja.
- Interrogante 09: Tenemos como resultado que el equipo de proyecto considera que la implementación del modelo 4D, tiene un alto impacto en la ejecución del proyecto, siendo este 94.98%.
- Interrogante 10: Tenemos como resultado que el equipo de proyecto considera que la productividad en la ejecución aumento gracias al modelo 4D, teniendo este un valor de 94.98%.



Capítulo IV: Resultados

4.1 Resultados de Determinar la Ejecución Dentro del Cronograma Lean.

En el análisis de la implementación del Lean Construction y la simulación 4D, permitió la mejora del seguimiento y control de la ejecución del proyecto a través de la, planificación intermedia (lookahead), identificación y levantamiento de restricciones y el análisis del porcentaje de plan cumplido al finalizar cada semana, la consideración de los buffers también fue de mucha ayuda, ya que permitió que las actividades planificadas no realizadas, fueran ejecutadas en los días considerados como buffer.

En la tabla 79 podemos observar la planificación realizada en la semana 12 a través de la sectorización y los trenes de trabajo, tomando en consideración que la planificación fue realizada hasta el día 15 de diciembre considerando el buffer propuesto. Por lo que, según la ejecución del proyecto, las actividades programadas fueron realizadas, dentro del plazo programado del cronograma lean, siendo un total de 82 días de ejecución.

Tabla 79

Planificación VS Ejecución, semana 12

UAC Universidad Andina del Cusco		Planificación Vs Ejecución - Semana 12							
Proyecto:		"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SECUNDARIA DANIEL ESTRADA PÉREZ EN EL DISTRITO DE SANTO TOMÁS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO"							
Planificación realizada para la ejecución de las partidas de estructuras									
N°	Actividades	L	M	M	J	V	S	D	
		09/12/2019	10/12/2019	11/12/2019	12/12/2019	13/12/2019	14/12/2019	15/12/2019	
3.0	ESTRUCTURAS								
3.1.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA								
3.1.2.16	Encofrado laterales interior vigas	V - E_L 5							
3.1.2.17	Encofrado de losa inclinado	LI_E3	LI_E5						
3.1.2.18	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	LI_LH 2	LI_LH 3	LI_LH 5					
3.1.2.19	Armado acero en viguetas techo	VT - A Ac4	VT - A Ac2	VT - A Ac3	VT - A Ac5				
3.1.2.20	Armado acero de temperatura techo	LA_T - A Ac1	LA_T - A Ac4	LA_T - A Ac2	LA_T - A Ac3	LA_T - A Ac5			
3.1.2.21	Inst. de tuberías eléctricas luminaria	LA-IT_L 1	LA-IT_L 4	LA-IT_L 2	LA-IT_L 3	LA-IT_L 5			
3.1.2.22	Concreto en losa inclinada F'c=210 Kg/cm2		LI - C*1	LI - C*4		LI - C*2-3	LI - C*5		
Ejecución real de las partidas de estructuras									
N°	Actividades	L	M	M	J	V	S	D	
		09/12/2019	10/12/2019	11/12/2019	12/12/2019	13/12/2019	14/12/2019	15/12/2019	
3.0	ESTRUCTURAS								
3.1.2	VIGAS Y LOSA ALIGERADA								
3.1.2.16	Encofrado laterales interior vigas	V - E_L 5							
3.1.2.17	Encofrado de losa inclinado	LI_E3	LI_E5						
3.1.2.18	Ladrillo de arcilla hueco 15x30x30cm	LI_LH 2	LI_LH 3	LI_LH 5					
3.1.2.19	Armado acero en viguetas techo	VT - A Ac4	VT - A Ac2	VT - A Ac3	VT - A Ac5				
3.1.2.20	Armado acero de temperatura techo	LA_T - A Ac1	LA_T - A Ac4	LA_T - A Ac2	LA_T - A Ac3	LA_T - A Ac5			
3.1.2.21	Inst. de tuberías eléctricas luminaria	LA-IT_L 1	LA-IT_L 4	LA-IT_L 2	LA-IT_L 3	LA-IT_L 5			
3.1.2.22	Concreto en losa inclinada F'c=210 Kg/cm2		LI - C*1	LI - C*4			LI - C*5	LI - C* 2 y 3	

Fuente: Fuente propia.

Para el cumplimiento de las actividades a lo largo de la ejecución de las partidas de estructuras del proyecto, es importante recalcar que se coordinó con la residencia y gerencia para considerar que el personal de obra que realice trabajos los días sábados y domingos, como



jornada adicional para el cumplimiento de las actividades inconclusas programadas de lunes a viernes se concreten en los días buffer, en tal caso de que los objetivos planteados se concluyesen en los días buffer la residencia y la gerencia daba conformidad de dichos trabajos, mediante el reconocimiento y del pago por horas extras al personal de obra, de acuerdo a ley.

4.2 Resultados del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y las Causas de Incumplimiento (CI).

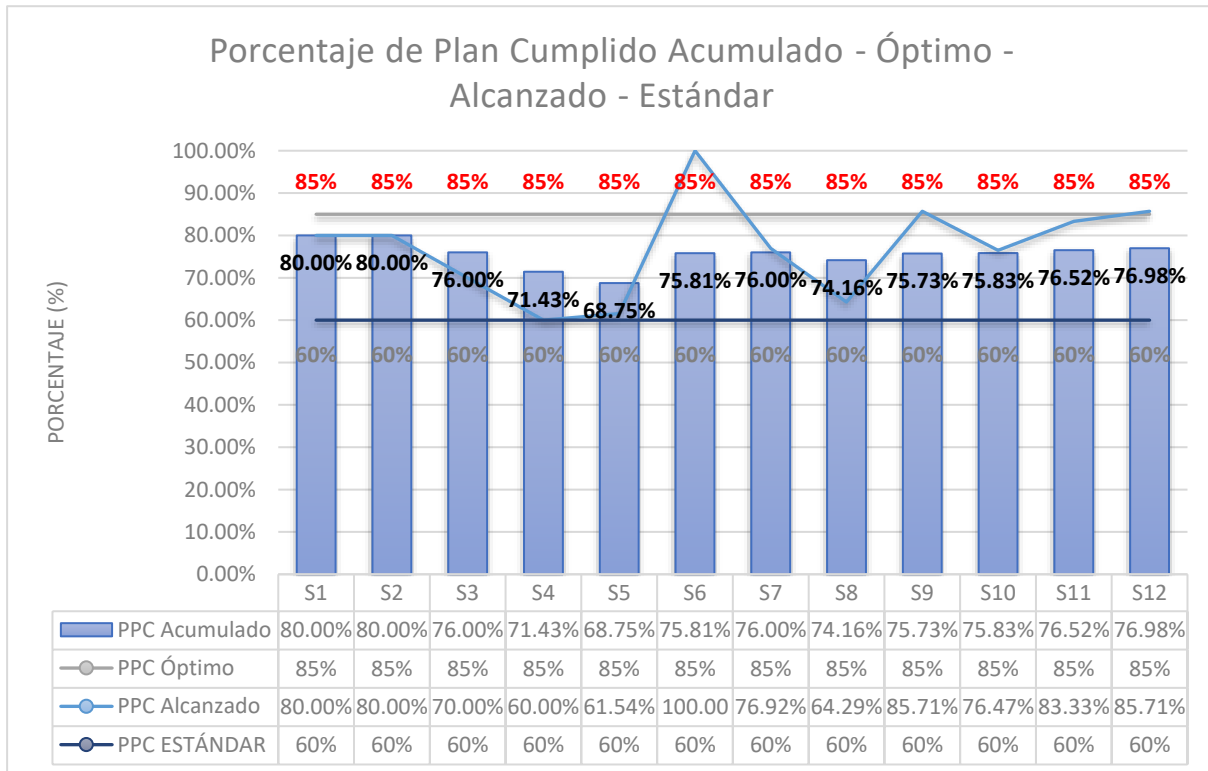
Observamos en la figura 67 que el PPC Acumulado obtenido fue de 76.98 %, lo cual nos indica que, aunque no se obtuvo un PPC Acumulado Optimo del 85 %, estamos por encima de obtener un PPC igual al 60 %, éste último considerado como bajo y de pobre desempeño.

También podemos destacar que en la semana 6, se obtuvo un PPC del 100 %, lo que significa que todas las actividades programadas en esa semana (lunes a jueves) se concluyeron satisfactoriamente. Este resultado se debe a que el equipo planner programó actividades hasta el día jueves 31 de octubre, previa coordinación con la empresa y residencia para que el personal de obra concluya sus actividades en los 4 días programados, con la finalidad de otorgar al personal de obra un feriado largo y descanso por el día viernes 01 de noviembre (feriado de Todos los Santos) y sábado 02 de noviembre, día declarado por la residencia como no laborable, reincorporándose a la obra el día lunes 04 de noviembre. Cabe mencionar que, para concluir con las actividades programadas en los 4 días, fue necesario que en algunos casos se trabaje horas extra, lo cual fue reconocido de acuerdo a ley, este pago de horas extra y el incentivo de otorgarles día sábado como no laborable hizo que el personal culmine con sus actividades programadas y no se considere un buffer en días posteriores.



Figura 67

Resultados del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

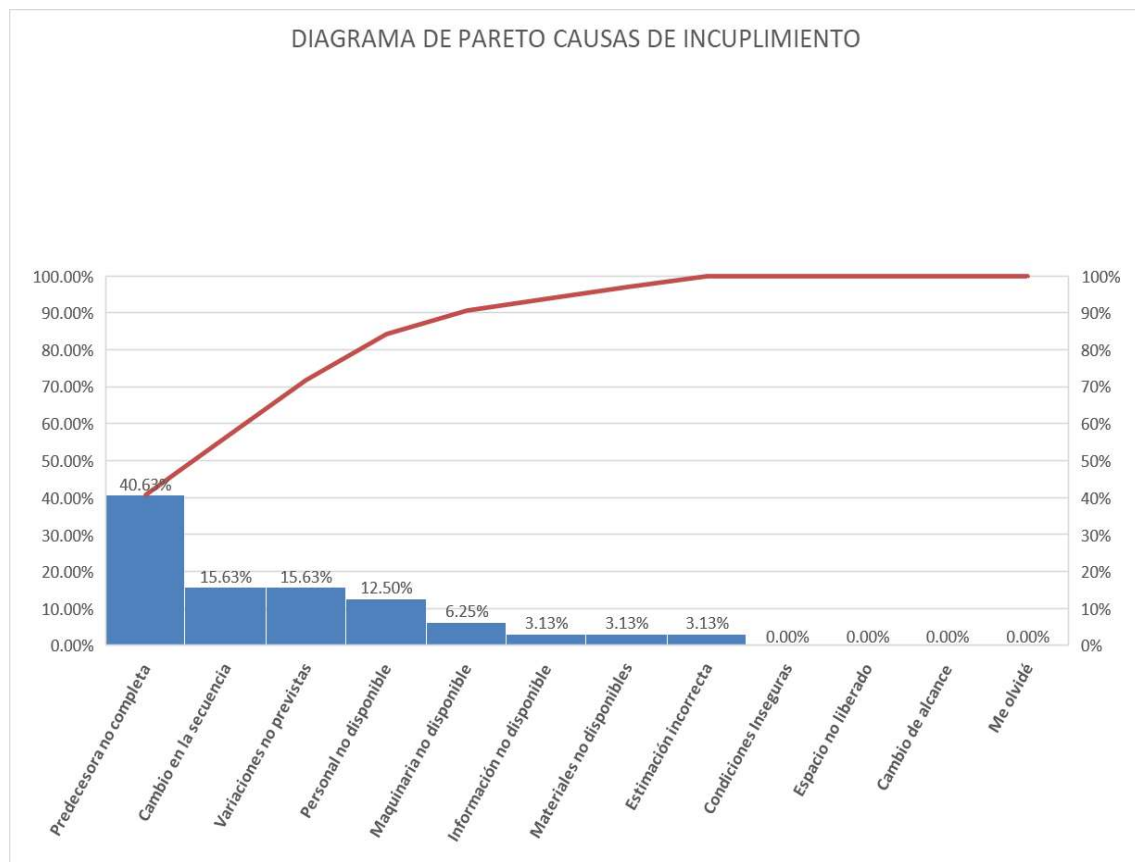


De la figura 68, concluimos que la Causa de Incumplimiento con mayor incidencia en la ejecución de la obra es la Predecesoras no completa, este resultado nos sugiere que debemos de hacer mayor hincapié en el seguimiento de las restricciones que perjudican con el correcto desarrollo de las actividades programadas.



Figura 68

Diagrama de Pareto Causas de Incumplimiento



Por otro lado, debemos mencionar que la Causa de Incumplimiento de Variaciones No Previstas, tales con la presencia de lluvias, perjudicó el desarrollo de actividades, trayendo consigo que muchas actividades predecesoras a otras no se concluyan en la fecha programada, ocasionando retrasos y cambios en la secuencia de las actividades programadas.

4.3 Resultados para la Obtención de la Productividad en Obra.

El análisis realizado de las Cartas Balance aplicadas en el vaciado de concreto en verticales, como observamos en la tabla 80, nos muestra un aumento del Trabajo Productivo conforme se fue ejecutando la actividad de forma escalona es decir mientras se fue pasando de un nivel inferior a uno superior.

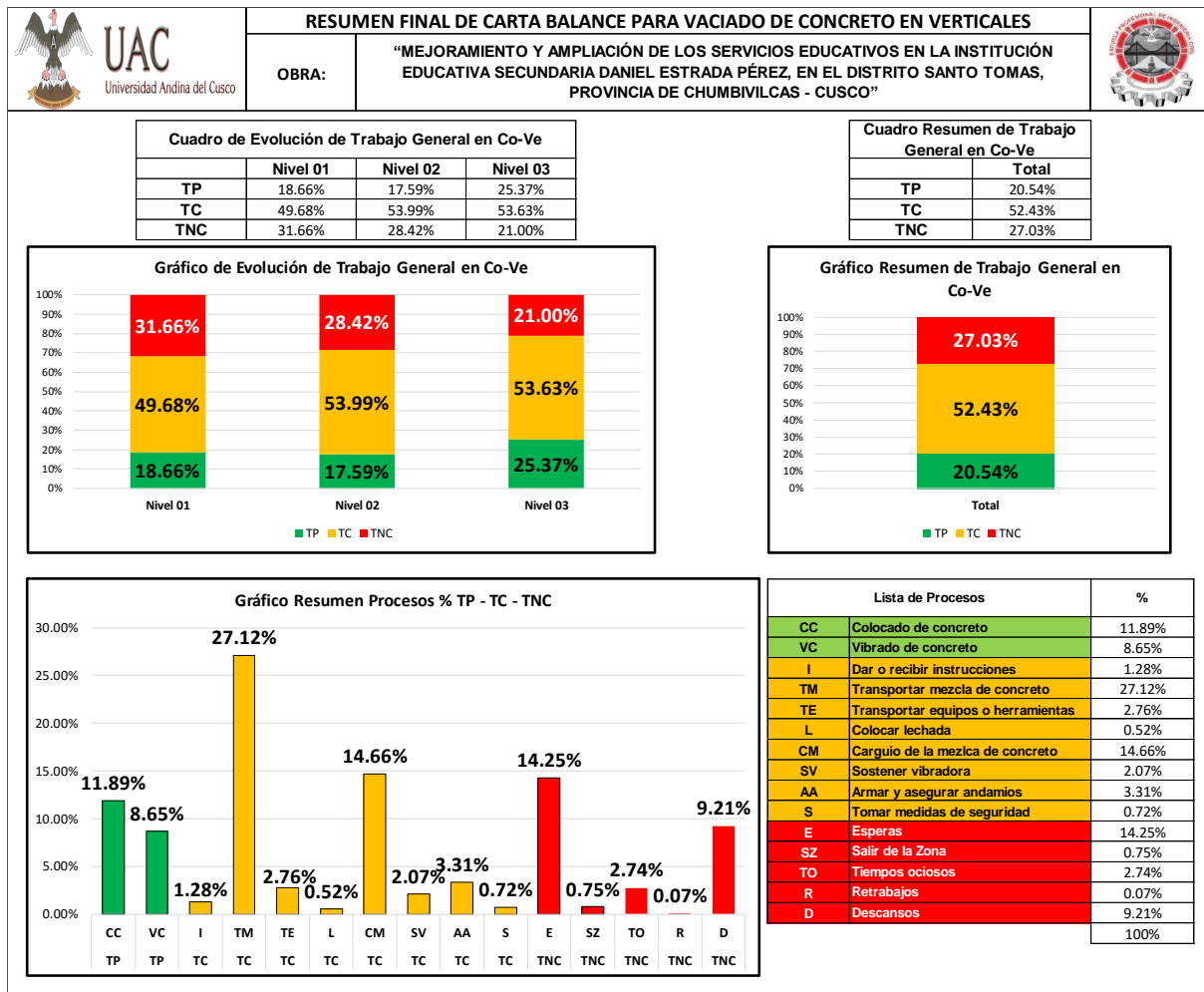
Es necesario mencionar que la ligera reducción del TP del nivel 1 al nivel 2, tuvo como causa el cambio de personal que se hizo al momento de subir al 2do Nivel, si bien se redujo mínimamente la productividad, también se logró reducir los tiempos de los Trabajos No Contributorios, teniendo cada vez menor desperdicio tal como nos muestra el gráfico de evolución del trabajo general en el vaciado de concreto en verticales.



Destacamos que la actividad productiva con mayor porcentaje fue la del colocado de concreto en verticales con un 11.89%.

Tabla 80

Resumen Final de Carta Balance para Vaciado de Concreto en Verticales

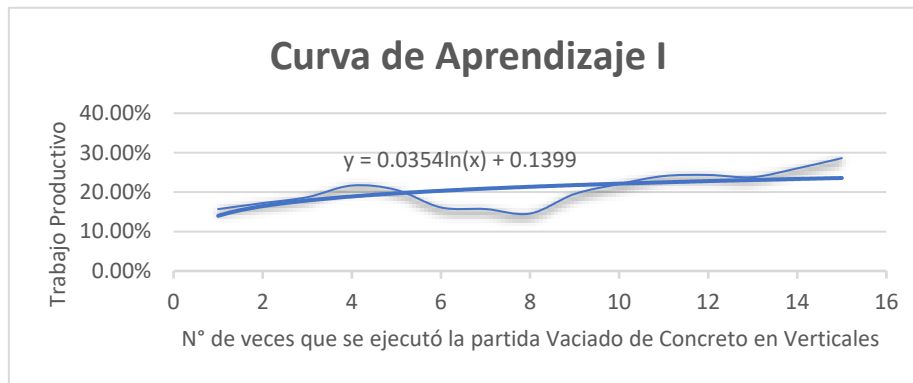


La Curva de Aprendizaje presente en la figura 69, nos indica que a mayor número de veces que se ejecuta la actividad, la productividad será más alta. La caída de la curva que se verifica en la sexta, séptima y octava toma, se debe al cambio rotacional del personal, realizado por el maestro de obra con el fin de evaluar a los obreros.



Figura 69

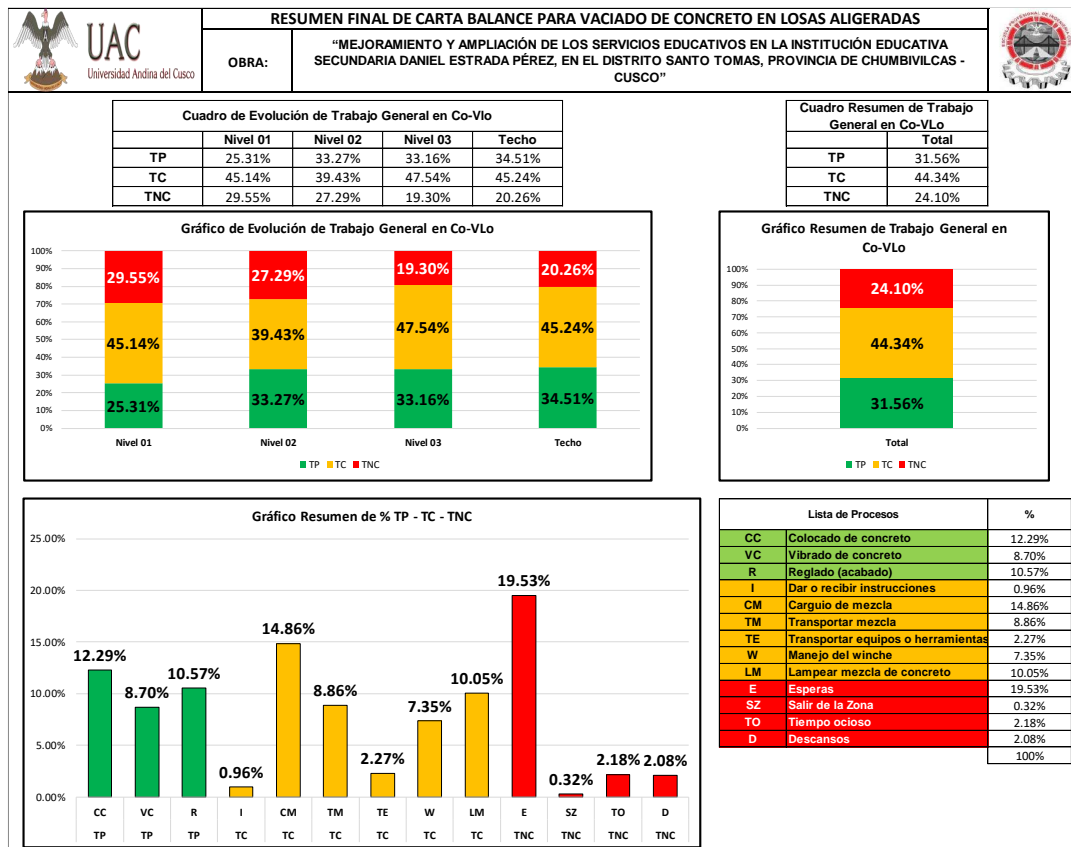
Curva de Aprendizaje I, Vaciado de Concreto en Verticales



En el caso del vaciado de concreto en losas aligeradas, como observamos en la tabla 81, se observa un crecimiento del trabajo productivo cada vez que ascendemos de nivel, esto por la especialización del trabajo y las sugerencias para su mejor movilidad y orden en el proceso. Finalmente observamos que la actividad con más porcentaje de trabajo productivo fue la de Colocado de concreto en losa y la actividad no contributiva con más porcentaje fueron las Esperas, lo cual indica que se debe seguir mejorando el flujo y minimizar las esperas en el Vaciado de concreto en losas aligeradas.

Tabla 81

Resumen Final de Carta Balance para Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas

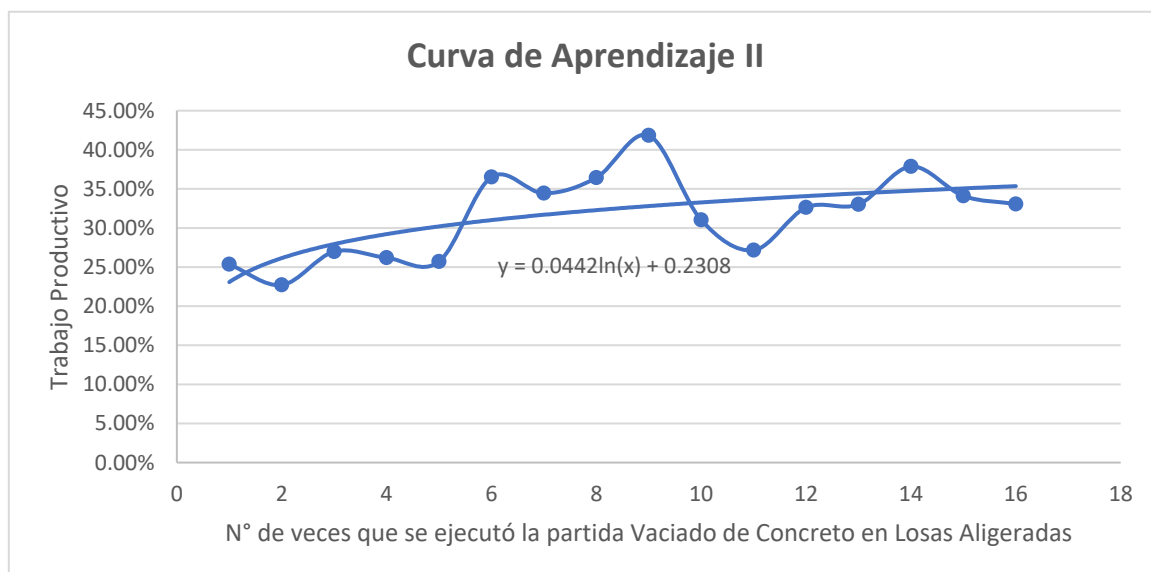




Como se observa en la figura 70, los datos de trabajo contributorio son variables en las diferente tomas, para los vaciados de concreto del 1er nivel en los diferentes sectores se mantuvo un crecimiento irregular dada las condiciones de los primeros vaciados, a partir de la sexta y novena toma se produjo un incremento de productividad en los vaciados ya que se mejoró el procedimiento mediante el análisis de un mejor orden y proceso, a partir de la décima toma tuvimos una caída de la productividad ya que al realizar el vaciado en la loza horizontal de menores dimensiones disminuyendo el personal para ejecutar dicha actividad, notándose más esperas y mayor carguío de mezcla, incrementando el porcentaje de trabajo contributorio y no contributorio como se observa en el resumen del anexo 14, siendo recuperada la productividad en el vaciado de la última losa inclinada ya que la mezcla llegaba a la superficie de la losa horizontal, así aumento ligeramente la productividad en la actividad de Vaciado de concreto en losas aligeradas, por esa razón obtuvimos como resultado una curva de aprendizaje en crecimiento mínimo.

Figura 70

Curva de Aprendizaje II, Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas



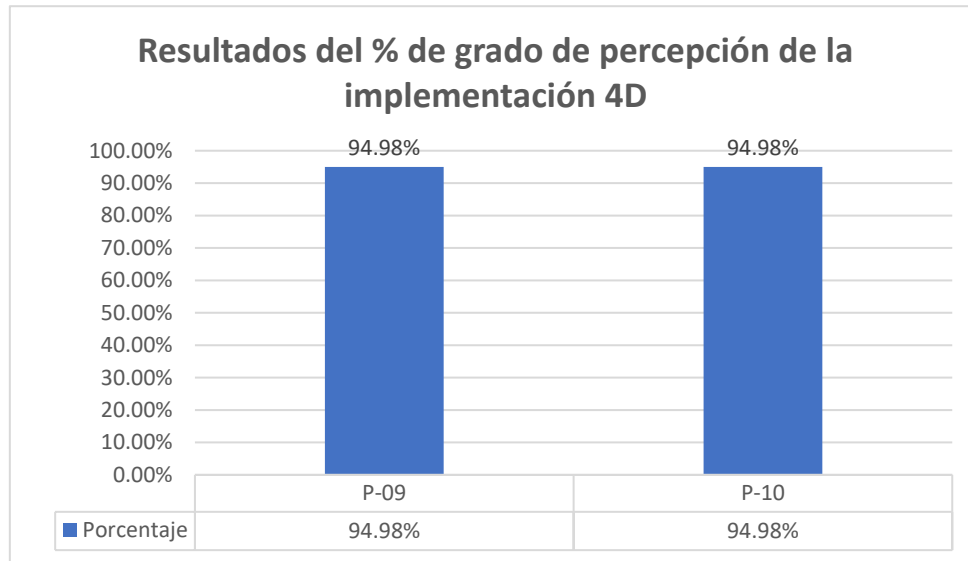
4.4 Resultados del % de Grado de Percepción de los Profesionales en la Implementación 4D.

Tomando en consideración las interrogantes 09 y la interrogante 10 de la encuesta realizada para evaluar el % de grado de percepción de la implementación 4D, tenemos los siguientes resultados:



Figura 71

Indicadores



- Para el porcentaje de grado de percepción a la implementación de la simulación 4D, en la ejecución de las partidas estructurales, se obtuvo una percepción del 94.98% siendo este un valor máximo, indicándonos que el equipo de proyecto considera que la implementación de la simulación 4D ayuda en alto grado en la ejecución de las partidas de elementos estructurales, considerando que el modelamiento 3D acompañado de la planificación realizada mediante la sectorización y los trenes de trabajo tuvo un importante aporte.
- Para la interrogante sobre el incremento de la productividad al realizar la implementación de modelos 4D, tuvimos un porcentaje de percepción de 94.98% siendo este un valor máximo, indicándonos que el equipo de proyecto considera que la implementación de la simulación 4D, apporto en la productividad de la ejecución de las partidas estructurales.



Capítulo V: Discusión

Discusión N° 1: ¿La planificación maestra, realizada inicialmente en el taller de inducción, fue la correcta?

Al establecer los hitos en la primera reunión de inducción, se tomó en cuenta la experiencia que tenía el equipo de proyecto en la ejecución de proyectos, de la misma forma se tomó en cuenta las metas que se tenían planteadas por parte de la empresa para la ejecución del proyecto, tomando estas consideraciones se planteó el hito final correspondiente a la conclusión del módulo 1 en las partidas de estructuras, como fecha límite el domingo 22 de diciembre del 2019 para así evitar la temporada de lluvia del año próximo 2020 en la localidad de Santo Tomás el cual inicia en los meses de Noviembre – Diciembre de manera moderada y concluye en los meses de Marzo – Abril como se muestra en la figura 30 (Promedio mensual de lluvia en la sierra sur).

Tomando en consideración estos aspectos, el hito propuesto en la planificación maestra si fue correcta, ya que la conclusión del casco estructural fue realizada dentro del plazo estimado en la planificación maestra como hito final, esto gracias a la programación, el seguimiento y control semanal realizado a través de la planificación intermedia (lookahead), la mitigación de restricciones que involucran la liberación de espacios, liberación de información correcta de los planos, disponibilidad de equipos y materiales en obra, así como la presencia de personal obrero para la ejecución de las actividades programadas dentro del cronograma Lean Aprobado y dentro de los Buffer considerados, tomando en cuenta el pago de las horas extras de acuerdo a Ley y todo el trabajo realizado descrito en la presente tesis de investigación, con las diferentes herramientas Lean utilizadas (Planificación Maestra, Sectorización, Trenes de trabajo, Análisis de restricciones, porcentaje del plan cumplido, causas de incumplimiento, carta balance).

Discusión N° 2: ¿La implementación del Lean Construction es un complemento o una metodología nueva?

La metodología Lean Construction es un complemento a las prácticas tradicionales en el sector construcción, pues el Lean Construction a través de sus diferentes herramientas aportan al proceso de ejecución que se vienen desarrollando a lo largo de los años, el Lean Construction nos ayuda a optimizar planificaciones a través de la sectorización y los trenes de trabajo para la ejecución secuencial y ordenada de las actividades, teniendo un seguimiento a través del porcentaje de plan cumplido y las causas de incumplimiento, para continuar a través de un proceso de mejora continua.



Discusión N° 3: ¿Por qué no se obtuvo un Porcentaje de Plan Cumplido Óptimo de 85% al implementar la metodología Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco - 2019”

Una vez transcurrida una semana de la programación de actividades según los trenes de trabajo se realizaba el respectivo análisis de PPC y CI, en el cual el porcentaje de PPC Acumulado fue del 76.98%, valor claramente por debajo del porcentaje óptimo esperado del 85%. El cual no fue alcanzado debido a las causas de incumplimiento analizadas y descritas en las tablas 62 y 63, dichas causas de incumplimiento tales como las variaciones no previstas (lluvias), cambios en la secuencia y predecesoras no completas (la más incidente), ocasionaron retrasos en el cumplimiento de las actividades programadas y por ende no se obtuvo un porcentaje de plan cumplido óptimo.

Discusión N° 4: ¿Por qué no se pudo optimizar más el Trabajo Productivo en los Vaciados de Concreto en Verticales y en Losas Aligeradas?

A pesar de que se notó un aumento en el porcentaje de Trabajo Productivo para ambas actividades, arrojando un resultado de 20.54% de TP, para el Vaciado de concreto en verticales y un resultado de 31.56% de TP, para el Vaciado de concreto en losas aligeradas; siendo estos porcentajes promedios de TP al término de la ejecución de las partidas de estructuras de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco - 2019”.

No se observó un incremento más alentador del TP, debido al empleo de tecnologías obsoletas para los vaciados de verticales y losas aligeradas, haciendo la ejecución de estas actividades con deficiente efectividad.

Discusión N° 5: ¿Por qué hubo una caída en la productividad en el Vaciado de Concreto en Verticales del 2do Nivel y en el Vaciado de Concreto en Losas Aligeradas del 3er Nivel, si lo que debería suceder es que se aumente la productividad conforme se va escalando en niveles?

Como podemos verificar en las figuras 69 y 70, notamos ese declive de la productividad, en el caso del vaciado de concreto en verticales del segundo nivel, esto tuvo origen principalmente en el grado de dificultad que existe al realizar los vaciados de concreto en verticales en los niveles superiores, sumado a esto hubo cambios de personal obrero para ejecutar las actividades, cambios realizados por el maestro de obra con la finalidad de evaluar al personal obrero de la zona y observar la efectividad con la que se desenvuelven en el trabajo,



lastimosamente gran parte del personal no estaba capacitado para realizar con efectividad los trabajos, una de las razones por la cual se observó la caída de productividad.

En el caso del vaciado de concreto en la losa aligerada del tercer nivel, el descenso de la productividad tuvo como causa la reducción de personal para ejecutar dicha actividad, puesto que la losa aligerada a vaciar era de menor volumen a las anteriores losas, notándose en este caso mayor porcentaje de trabajo contributorio y no de trabajo productivo.

Discusión N° 6: ¿Por qué la Causa de Incumplimiento con mayor incidencia es la “Predecesora no completa” y sin embargo se logró concretar la ejecución de las partidas de estructuras en el plazo programado del cronograma Lean?

Ciertamente la causa de incumplimiento con mayor porcentaje de incidencia fue la de actividad predecesora no completa, de esto, se entiende que no se concluyeron las actividades en las fechas previstas, debido a las demoras en concluir sus actividades predecesoras.

Analizando más a fondo por qué no se concluyeron estas actividades predecesoras, obtenemos que se fueron arrastrando otras causas de incumplimiento como las variaciones no previstas (lluvias), cambios en la secuencia o personal no disponible, las cuales ocasionaron el incumplimiento de lo programado en la semana.

Finalmente, la razón por la cual se concretó la ejecución de las partidas de estructuras en el plazo programado, fue debido al empleo de buffers los días sábados y domingos. Lo cual explica que las actividades inconclusas hasta el día viernes, se concluían en los tiempos buffer.

Discusión N° 7: ¿Por qué el Análisis de la Implementación Lean Construction y Simulación 4D no se realizó por completo a todas las partidas de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco – 2019, los resultados serían válidos para la ejecución de todo el proyecto?

Principalmente por el tiempo que hubiera demandado hacer el estudio completo a todas las partidas involucradas en la obra en mención. Para ello se propuso a realizar el análisis de las partidas comprendidas en la ruta crítica del proyecto y aun así siendo el panorama muy amplio, se delimitó a realizarlo en las partidas de estructuras del módulo más representativo comprendidas en la ruta crítica del proyecto. A pesar de haber realizado el análisis según la muestra propuesta y de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede afirmar que los resultados serían similares u óptimos a lo largo de la ejecución de todas las partidas del proyecto si se realiza una programación, control, seguimiento y aplicación de las herramientas Lean Construction, así como la simulación 4D realizada en la presente investigación.



Discusión N° 8: ¿Qué limitantes se identificaron en el proceso constructivo al aplicarse la metodología Lean Construction?

La principal limitante identificada en el proceso constructivo tras aplicar la metodología Lean Construction fue el empleo de tecnologías obsoletas en el vaciado de concreto para los niveles superiores de la obra, ya que los empleados no permitieron generar mayor valor en la productividad del vaciado de concreto en verticales y en losas aligeradas.

No se identificaron más limitantes en el proceso constructivo principalmente por el empleo de la herramienta de matriz de restricciones y su posterior análisis el cual nos permitió anticiparnos a los requerimientos y necesidades para ejecutar la obra, secundariamente no se identificaron más limitantes gracias a la capacidad de respuesta que prestó la empresa para ejecutar la obra.

Discusión N° 9: ¿Cuál es la diferencia o relación entre cronograma general de obra y cronograma lean acelerado?

El cronograma general de obra abarca la programación total de la obra a ejecutar es decir que están establecidos los plazos en los cuales se deben culminar cada partida contemplada en el proyecto, mientras que, para esta investigación, el cronograma lean aprobado, fue realizado en base a las partidas que pertenecen a la ruta crítica de estructuras del módulo 01, las cuales se encuentran contempladas en la cuantificación de la muestra de la investigación. Razón por la cual no se puede hacer una comparación entre ambos cronogramas ya que uno abarca el total de la obra y el otro las partidas contempladas en la muestra de la presente investigación. La comparación que existe en la presente tesis es la del cronograma lean programado vs el cronograma lean ejecutado en el cual se observa un día de diferencia entre lo ejecutado y programado.

Discusión N° 10: ¿Por qué no se puede considerar el cronograma general de la obra de las partidas estudiadas y realizar un análisis/comparativo para mostrar la optimización y ahorro con respecto al cronograma ejecutado Lean aprobado para la ejecución de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S. Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco – 2019?

Inicialmente no podemos considerar un cronograma general específico de las partidas estudiadas ya que el cronograma general de obra considera la ejecución de las partidas de estructuras de todos los módulos como son: Módulo 1 (Aulas 2, Aulas 3, 01 Laboratorio, 01 centro de recursos educativos), Módulo 2 (01 taller de hidroponía y 01 taller de crianza de animales menores), Módulo 3 (Administración y la sala de usos múltiples), Módulo 4 (03 almacenes generales, 01 oficina de educación física, baños y vestidores varones y mujeres) y



Módulo 5 (Casetas de control), por lo que el cronograma general de la obra del expediente, de las partidas estudiadas comprenden los 5 Módulos mencionados en uno solo cronograma, sin encontrar un cronograma específico para cada módulo, haciendo imposible la comparación real de un cronograma general del Módulo 01 de las partidas estudiadas VERSUS el análisis realizado del Módulo 01 que corresponde a la muestra de nuestra investigación de las partidas estudiadas, sin poder mostrar los días optimizados respecto a un cronograma general de los 05 módulos versus solo el módulo 01 contemplado en la investigación, por otro lado mencionar que si deseáramos realizar análisis comparativo general, era necesario estar presente y desarrollar los 05 módulos del proyecto completo, el cual no fue de nuestro alcance según nuestra investigación.



Glosario

- LC: Lean Construction (Construcción sin desperdicios).
- LCI: Lean Construction Institute.
- LCI Perú: Lean Construction Institute Perú.
- LPS: Last Planner System (Metodología del Ultimo Planificador).
- PUSH: En español, esta palabra significa “Empujar” y hace referencia a la planificación tradicional, que consiste en esforzar los resultados.
- PULL: En español, esta palabra significa “Jalar” y hace referencia a la planificación Lean.
- BIM: Building Information Modeling (Modelado de Información de Construcción).
- TPS: Toyota Production System (Sistema de Producción de Toyota).
- Stakeholders: En español, esta palabra significa “Interesados”, son todas aquellas personas que son afectadas directamente o indirectamente por la ejecución de un proyecto.
- Buffer: Es un tiempo o colchón destinado para minimizar las variaciones que surgen en la ejecución de una obra o proyecto.
- PPC: Porcentaje del Plan Cumplido.
- PAC: Porcentaje de Actividades Concluidas.
- CI: Causas de Incumplimiento.
- CB: Carta Balance
- TP: Trabajo Productivo
- TC: Trabajo Contributorio
- TNC: Trabajo No Contributorio



Conclusiones

Conclusión 01:

Se logró demostrar la hipótesis general, permitiendo que la obra se ejecute dentro del plazo del cronograma Lean aprobado, mediante la utilización de las herramientas del Lean Construction.

- El cronograma Lean aprobado propuesto a través de los trenes de trabajo tuvo como fecha de finalización el día 15 de diciembre del 2019, considerando el Buffer planteado en cada semana, por lo que la última actividad de vaciado de concreto $f'c=210$ kg/cm², en losa aligerada para el sector 2, fue ejecutada dentro del buffer programado.
- Respecto a la planificación maestra y el hito final considerado como fecha 22 de diciembre del 2019, estuvimos dentro del rango considerado por el equipo de proyecto, teniendo como duración 4 meses, considerando 12 semanas de trabajo en la ejecución de las partidas estructurales para los módulos aulas 2, aulas 3, CRE y Laboratorios, logrando ejecutar el proyecto 01 semana antes del hito final considerado.
- Según el tren de actividades se realizó la ejecución del proyecto dentro de los 82 días calendarios planificados a lo largo de la ejecución de las partidas estructurales para los módulos aulas 2, aulas 3, CRE y Laboratorios.

Conclusión 02:

La sub hipótesis donde se menciona que el porcentaje de plan cumplido del análisis de la implementación del Lean Construction será mayor al 85%, no se logró demostrar.

- Como se observa en la figura 67 Resultados del Porcentaje de Plan Cumplido, se obtuvo un PPC Acumulado de 76.98%, encontrándonos debajo del PPC planteado en la sub hipótesis y del PPC óptimo.
- Con respecto a la semana 6, observamos que se alcanzó un PPC del 100%, claro indicador de que se llevó a cabo una efectiva ejecución de las actividades planificadas en dicha semana, cabe recalcar que esto también fue causa de la consideración del pago de horas extras al personal obrero para concluir con sus actividades programadas en las fechas previstas. De manera similar, observamos que en la semana 9 y semana 12, se alcanzó un PPC del 85.71%, teniendo como resultado que se ejecutó eficientemente las actividades planificadas para dichas semanas.
- En este punto concluimos que la implementación del Lean Construction, aunque no nos llevó a unos resultados óptimos en los porcentajes de PPC, se demostró que los resultados obtenidos se encuentran por encima de los resultados estándares del 60.00%



indicándonos que el Lean Construction es una metodología eficiente para lograr mejores resultados en la planificación y ejecución de actividades.

Conclusión 03:

La sub hipótesis donde menciona que el porcentaje de productividad en el vaciado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en verticales y losas aligeradas será mayor al 60% en el trabajo productivo, no se logró demostrar.

- Como se enseña en las tablas 80 y 81, obtuvimos unos ligeros incrementos del trabajo productivo con respecto a las primeras veces que se ejecutaron las actividades, pero estos no fueron los resultados esperados, los cuales debieron ser mayores al 60 %.
- Los resultados obtenidos menores a lo previsto fueron resultado esencialmente de la deficiente tecnología empleada para realizar los vaciados de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$, siendo estos vaciados muy rudimentarios y poco eficientes.
- En este punto concluimos que la implementación del Lean Construction, aunque no nos ayudó a optimizar la productividad a un nivel deseado, nos ayudó a reducir el tiempo invertido en los trabajos no contributivos o actividades sin valor.

Conclusión 04:

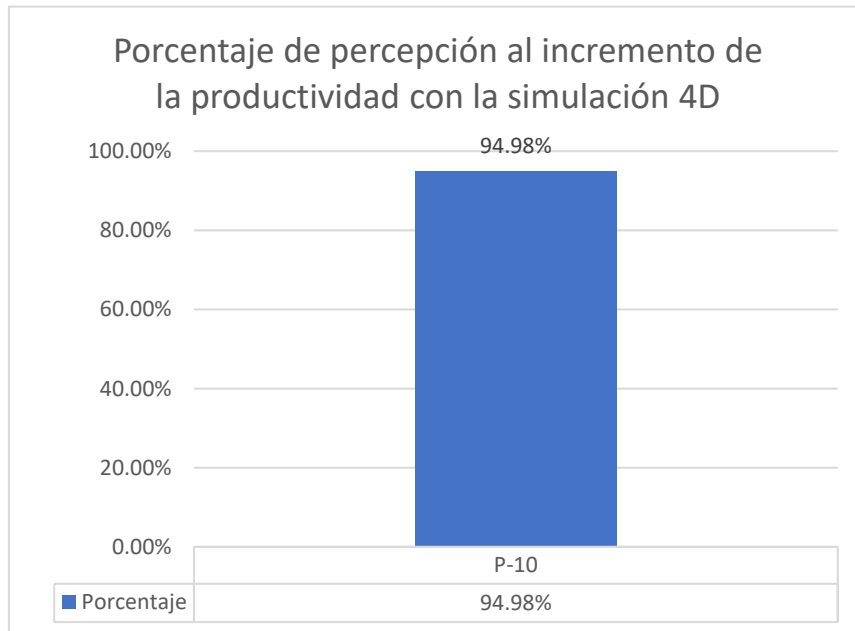
Logramos demostrar la sub hipótesis donde nos menciona que el porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco, es superior al 75%, logrando como resultado que el porcentaje de grado de percepción al incremento de la productividad es del 94.98%, permitiendo que este valor supere la hipótesis planteada.

- Respecto a la generación de modelos 3D de las partidas estructurales para los módulos aulas 2, aulas 3, CRE y Laboratorios, fueron ejecutados de manera correcta, siendo útiles para el seguimiento y control de la ejecución del proyecto, ayudando a visualizar la planificación propuesta teniendo como resultado la simulación 4D.
- Dentro del porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D, es importante mencionar que el equipo de proyecto reconoció de manera positiva la simulación 4D, obteniendo así el resultado de 94.98% de todo el equipo de proyecto.



Figura 72

Porcentaje de Percepción al Incremento de la Productividad con la Simulación 4D



Fuente: Fuente propia.



Recomendaciones

Recomendación 01:

Para plantear una mejora del proceso constructivo es necesario e importante que todos los involucrados del área técnica conozcan todas las características del proyecto a ejecutar, desde los antecedentes del proyecto a estudiar es decir, cronograma contractual, costos, metas, partidas, especificaciones técnicas de todas las especialidades, planos las diferentes especialidades y la disposición de equipos y mano de obra para el proyecto, para complementar esta información si hubiera la posibilidad se debe solicitar el proyecto en un entorno BIM para mayor facilidad.

Recomendación 02:

Para iniciar una implementación de nuevas metodologías complementarias, en la ejecución de proyectos de construcción, es importante difundir los beneficios que estas presentan en todos los involucrados del proyecto, desde la gerencia sea en el sector privado o público, hasta los encargados de cuadrilla, ya que el éxito de la implementación este sujeto a la aplicación en conjunto de todos los involucrados del proyecto, siendo importante el compromiso de todos.

Recomendación 03:

Se recomienda realizar una encuesta de percepción sobre el conocimiento de las metodologías complementarias a todo el equipo de proyecto antes de iniciar con los trabajos previos, ya que es muy importante conocer su nivel de conocimiento, para considerar una charla de inducción de las diferentes herramientas lean, logrando así que todo el equipo de proyecto se comprometa con la ejecución del proyecto y conozca lo que se realizara.

Recomendación 04:

Se recomienda formar parte de la planificación a todo el equipo de proyecto, muy en especial a los encargados directos de la obra, ya sean ingenieros de producción, maestros de obra y jefes de cuadrilla, ya que su participación en la planificación los hace parte de la planificación, comprometiéndolos a ejecutar lo que ellos aportaron a través de su experiencia en el proceso de planificación.

Recomendación 05:

Es importante realizar las reuniones diarias con el equipo de proyecto, con un máximo de 45 minutos por día, para realizar el seguimiento a la planificación realizada y el cumplimiento de las actividades.



Recomendación 06:

Al realizar un mejor reconocimiento de todas las posibles restricciones para ejecutar una actividad, en la elaboración de la Matriz de Restricciones, será fundamental y clave para incrementar la confiabilidad de la planificación lean mediante trenes de trabajo y nos ayudará a tener una mejor programación de actividades.

Recomendación 07:

Es necesario recalcar que, para una correcta ejecución de obra es necesaria una buena programación de obra y para esta, es fundamental emplear buffers en la planificación, de esta forma reducir la incertidumbre de no poder concluir una actividad programada.

Recomendación 08:

Se recomienda que, para lograr un mayor porcentaje de trabajo productivo en los vaciados de concreto, es fundamental proponer tecnologías eficientes para el vaciado de concreto, ya que el empleo de ellas garantizará el mejor uso de los recursos involucrados en esta actividad y el tiempo para las actividades que generan valor será mayor. Al tener una mejor tecnología mejor para efectuar los vaciados en obra, el único problema que se tendrá que resolver será la de reducir cada vez más los trabajos no contributivos que serán mínimos.

Recomendación 09:

Una forma de optimizar de manera más efectiva el porcentaje de trabajo productivo en las actividades es elaborar cada vez mejores diagramas de flujos para la realización de las actividades a medir mediante cartas balance, puesto que elaborar dichos flujos ayudará a comprender estupendamente cómo reducir más los tiempos de espera e incrementar el tiempo en la realización de actividades que generen valor.

Recomendación 10:

Se recomienda considerar el impacto económico financiero que tiene aplicar las herramientas Lean Construction, para realizar un estudio más profundo y observar este proceso de implementación desde el punto costo – beneficio, de igual manera que el proceso de implementación de nuevos procesos de ejecución de obra que complementen al proceso tradicional, tienen una inversión que la gerencia debe plantearlo en un proyecto piloto y continuar con otro, hasta lograr un proceso de mejora continua y se observe los beneficios que este presentará a lo largo del tiempo.



Recomendación 11:

Se recomienda para futuras investigaciones, las consideramos que tuvimos como lecciones aprendizaje dentro de la presente investigación, considerando aspectos como VENTAJAS, el tener mayor seguimiento y control sobre las actividades que se ejecutan diariamente y semanalmente; al realizar un análisis de restricciones se prevé el levantamiento de las mismas en las fechas de compromiso; obtener los indicadores de carta balance para optimizar las cuadrillas y mejorar la productividad; lograr la simulación de la ejecución del proyecto por medio del modelo 4D el cual permite el mejor seguimiento y control visual de la obra.

También podemos considerar algunos aspectos como DESVENTAJAS, teniendo la necesidad de ocupar una persona continuamente para la elaboración de la carta balance en solo una actividad, contemplando mayor cantidad de personal para desarrollar el levantamiento de información en las cartas balance para actividades ejecutadas en paralelo; considerar el desconocimiento y la no experiencia del personal en la aplicación de nuevas filosofías/metodologías constructivas; utilizar nuevas tecnologías constructivas dentro de la construcción para aumentar los indicadores de trabajo productivo dentro de la carta balance; trabajar en la resistencia a la aplicación de las nuevas filosofías/metodologías constructivas.

Recomendación 12:

Para la aplicación del Lean Construction para el sector público y/o privado no existen lineamientos de parte del estado, pero ya existen lineamientos para la aplicación de modelos 3D y 4D en el sector público por parte del estado, esto desarrollado mediante el Plan BIM Perú, por lo que las condiciones en la aplicación de modelos 3D y 4D deben ser desarrollados mediante los lineamientos del Plan BIM Perú. A esto podemos considerar condiciones adicionales para la aplicación del Lean Construction en una obra pública y/o privado como son, la capacitación y conocimiento técnico del personal, contemplar y contar con el presupuesto para considerar los aspectos técnicos y de personal adicional para la implementación, contar con una respuesta del área de logística de la entidad ejecutante para proveer los materiales considerando el flujo Lean, generar el dimensionamiento de las cuadrillas considerando los rendimientos del personal a disposición. Por lo que se recomienda tener en cuenta estos aspectos para la implementación de modelos 3D, 4D y Lean Construction dentro de la ejecución de obras.



Referencias

- Arias Castilla, C. (2006). Enfoques teóricos sobre la , percepción que tienen las personas. *Horiz Pedegóg*, 9-22.
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. Inglaterra: University of Birmingham.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Pearson.
- Blanco, V. H., & Sotomayor Chávez, J. A. (2018). *Sistema Last Planner para mejorar la planificación en la obra civil del centro de Salud Picota - San Martín*. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- Botero, L., & Álvarez, M. E. (2003). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Contrucción. *Revista Universidad EAFIT No. 130*, 65-78.
- Cedar Lake Ventures, I. (25 de mayo de 2018). Promedio mensual de lluvia en Santo Tomas. *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Santo Tomas*. Estados Unidos. Recuperado el 20 de noviembre de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/25190/Clima-promedio-en-Santo-Tomas-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- CGR, P. (2019). *Reporte de obras paralizadas 2019*. Lima: La Contraloría General de la República del Perú.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2014). *Administración de Operaciones, producción y cadena de suministros*. España: McGraw-Hill.
- Desconocido. (15 de Marzo de 2017). *CAD BIM 3D*. Obtenido de <https://www.cadbim3d.com/2017/03/simulacion-de-proyectos-bim-4d-navisworks-timeliner.html>
- Gonzales, V., & Alarcón, L. F. (2003). Buffer de Producción: Una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 109-119.
- Guio Castillo, V. (2001). *Productividad en obras de construcción*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gutiérrez, C. A. (2017). *Implementación del sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel*. Santiago de Chile: Universidad Andrés Bello.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.



- Horngren, C., Datar, S., & Foster, G. (2006). *Contabilidad de Costos*. México: Prentice Hall México.
- Hurtado, T., & Bruno, G. (2005). EL Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Lima, Perú: UNMSM.
- Jin, R., Hancock, C., Tang, L., & Chen, C. (Septiembre de 2017). Estudio empírico de las percepciones basadas en la implementación de BIM entre profesionales chinos. *ASCE*, 04.
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (1996). *Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Gestión 2000.
- K+K Group. (2020). Tren de actividades y balance de recursos [Diapositivas]. *Curso Taller de Planeamiento para proyectos de construcción*, (pág. 20). Lima.
- La Contraloría General de la República del Perú. (2019). OBRAS PÚBLICAS. *OBRAS PÚBLICAS*. Lima, Perú: La Contraloría General de la República del Perú. Obtenido de https://doc.contraloria.gob.pe/PACK_anticorrupcion/documentos/7_OBRAS_PUBLICAS_2019.pdf
- Lean Construction Institute. (26 de Marzo de 2020). *Glosario del Lean Construction Institute*. Obtenido de <https://www.leanconstruction.org/learning/education/glossary/>
- Lean Construction Institute Perú. (2019). Física de producción [Diapositiva]. *Programa de Formación de Líderes Lean*, (pág. 22). Lima.
- Lean Construction Institute Perú. (2019). Introducción al Lean [Diapositivas]. *Programa de formación de Líderes Lean*, (pág. 157). Lima.
- Lean Construction Institute Perú. (2019). Trenes de trabajo [Diapositivas]. *Programa de formación Lean*, (pág. 184). Lima.
- Lean Construction Intitute Perú. (2019). Sistema Last Planner [Diapositivas]. *Formación de Líderes Lean*, (pág. 124). Lima.
- Lean Solutions. (27 de Marzo de 2020). *Lean Solutions*. Obtenido de 7 Desperdicios, Mura, Muri, Muda - Las 3 mu: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/7-desperdicios-mura-muri-muda-las-3-mu/>
- Ley N°30225, Ley de Contrataciones del Estado. (14 de septiembre de 2019). Ley de Contrataciones del Estado. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- Liker, J. K. (2004). *Las claves del éxito de toyota*. España: Gestión 2000.



- Lledó, P. (2018). *Técnico en Gestión de Proyectos: Claves para aprobar el examen CAPM*. USA: Pablo Lledó.
- Mateu, D. (2015). *Building Information Modeling 4D aplicado a una planificación con Last Planner System*. España: Universidad Politecnica de Valencia.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (04 de Mayo de 2010). Norma Técnica Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas. *Norma Técnica Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas*. Lima, Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system*. Japon.
- Olguín, R. H. (2011). *Estudio de impacto por la implementación de un modelo 4D y Last Planner en obra*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Orange Investments. (17 de Febrero de 2022). Metodología Lean Construction: Takt Time Planning. *Metodología Lean Construction: Takt Time Planning*. Ciudad de México, México. Recuperado el 17 de mayo de 22, de <https://www.orange-inv.com/blog/metodologia-lean-construction-takt-time-planning/>
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2019). *Lean Construction Y La Planificación Colaborativa Metodología Del Last Planner System*. Madrid: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Soto, R. G. (11 de Julio de 2016). Implementación de la Ley 28716,. Obtenido de Implementación de la Ley 28716,: <http://www.GRC%20IMPLEMENTACION%20GESTION%20DE%20RIESGOS.pdf>
- Structuralia. (2019). Lean Construcción, Planificación y Control: Last Planner System. *Lean Construcción, Planificación y Control: Last Planner System*. Madrid, España: Structuralia.
- Tejada, A. G. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Toskano Hurtado, G. B. (2005). EL Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Lima, Perú: UNMSM.



Vela, R. R. (2015). *Potenciando la capacidad de análisis y comunicación de los proyectos de construcción mediante herramientas virtuales BIM 4D durante la etapa de planificación*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Anexos

Anexo 01: Matriz de Consistencia

Tabla 82

Matriz de Consistencia

TEMA: “Análisis de la implementación Lean Construction y simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E.S Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco - 2019 “							
PROBLEMA		OBJETIVOS		HIPOTESIS		VARIABLES	
Problema General		Objetivo General		Hipótesis General		Variables Independientes	
¿Cuál será el resultado del cronograma Lean aprobado que se extraerá del análisis de la implementación del Lean Construction y simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco?		Determinar el resultado del cronograma Lean aprobado que se extraerá del análisis de la implementación del Lean Construction y simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco.		El resultado del análisis de la implementación del Lean Construction y simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco permite que la obra se ejecute en el plazo programado respecto a cronograma lean aprobado.		Lean Construction	
Problemas Específicos		Objetivos Específicos		Hipótesis Específicos		Variables Dependientes	
PE₁	• ¿Cuál será el porcentaje de plan cumplido que se extraerá del análisis de la implementación Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco?	OE₁	• Determinar el porcentaje de plan cumplido del análisis de la implementación Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas – Cusco.	HE₁	•El porcentaje de plan cumplido del análisis de la implementación del Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco será mayor al 85%.	Actividades cumplidas	
PE₂	• ¿Cuál será el porcentaje de productividad en el vaciado de concreto f'c=210kg/cm ² en la ejecución de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco?	OE₂	• Obtener el porcentaje de productividad en el vaciado de concreto f'c=210kg/cm ² en la ejecución de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco.	HE₂	El porcentaje de productividad en el vaciado de concreto f'c=210kg/cm ² en la ejecución de la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco - será mayor al 60% en el trabajo productivo.	Carta balance	
PE₃	• ¿Cuál será el porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco?	OE₃	• Determinar el porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco.	HE₃	•El porcentaje de grado de percepción de los profesionales en el incremento de la productividad aplicando la simulación 4D en la ejecución de las partidas de estructuras en la obra Mejoramiento y Ampliación de los servicios educativos en la I.E. Secundaria Daniel Estrada Pérez en el distrito de Santo Tomás, Chumbivilcas - Cusco, es superior al 75%.	% de grado de percepción implementación 4D	

Fuente: Fuente propia.