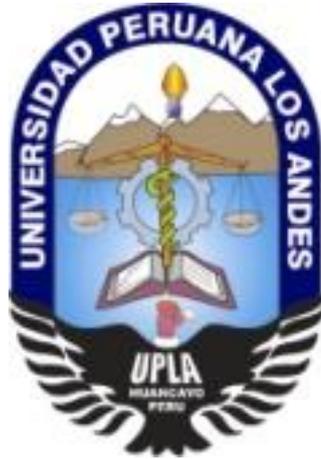


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**APLICACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM PARA MEJORAR
EL CUMPLIMIENTO DE PLAZOS DE EJECUCIÓN EN
EDIFICACIONES - LIMA.**

PRESENTADO POR:

BACH. ESPINOZA MENDOZA, ELVIS GASTULO

LINEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

NUEVAS TECNOLOGIAS Y PROCESOS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERU

2021

ASESOR:

MSc. JULIO CESAR LLALLICO COLCA.

Dedicatoria

A mi familia por su amor y apoyo incondicional para que pudiera lograr la meta de ser profesional y por ser mis guías hacia el camino de la superación.

Agradecimiento

Mi mayor agradecimiento a mi familia por ser mi apoyo incondicional, a pesar de las dificultades que se presentan siempre están con nosotros, agradecer a cada uno de los docentes que compartieron conmigo sus conocimientos y por la formación académica brindada.

Agradecer a la Universidad Peruana los Andes por haberme brindado los conocimientos necesarios que haya adquirido durante todo el tiempo que estuve en sus aulas y así permitiéndome ser un profesional.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera
Presidente

Mg. Jesús Iden Cárdenas Capcha
Jurado

Ing. Rando Porras Olarte
Jurado

Ing. Dayana Mary Montalvan Salcedo
Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario docente

ÍNDICE

ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del Problema	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3 Justificación	3
1.3.1. Social o práctica	3
1.3.2. Científica o teórica	3
1.3.3. Metodológica.....	4
1.4 Delimitación del Problema.....	4
1.4.1. Delimitación Espacial	4
1.4.2. Delimitación Temporal	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1. Antecedentes Nacionales	5
2.1.2. Antecedentes Internacionales	7
2.2. Marco Conceptual	10
2.3. Definición de Términos.....	33
2.4. Hipótesis	35
2.4.1. Hipótesis General.....	35
2.4.2. Hipótesis Específicas	35
2.5. Variables.....	35

2.5.1. Definición conceptual de la variable	35
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	36
2.5.3. Operacionalización de la variable	37
CAPÍTULO III.....	38
METODOLOGÍA	38
3.1. Método de Investigación	38
3.2. Tipo de Investigación	38
3.3. Nivel de Investigación	39
3.4. Diseño de la Investigación.....	39
3.5. Población y Muestra	40
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	40
3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos	40
3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos	41
3.7. Procesamiento de la Información	42
3.8. Técnicas y Análisis de Datos.....	43
CAPÍTULO IV.....	44
DESARROLLO DEL PROYECTO	44
4.1. Descripción del proyecto en evaluación	44
4.1.2. Descripción del Proyecto	50
4.1.3. Concepto estructural de losas.....	51
4.1.4. Sectorización del Proyecto en la etapa de Super estructura	51
4.1.5. Diseño de cuadrillas	53
4.1.6. Implementación del Last Planner System	55
4.1.7. Metodología de la implementación del Last Planner System	56
4.1.4. Aplicación del Plan maestro.....	57
4.1.8. Aplicación del LookAhead Planning	58
4.1.9. Restricciones comunes en obra	61
4.1.10. Indicador de plan cumplido en el proyecto plaza cuba	62
4.1.11. Causas de incumplimiento en el proyecto.....	64
CAPÍTULO V	65
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	65
5.1. Edificio Multifamiliar Plaza Cuba.....	65
5.1.1. Porcentaje de Plan Cumplido, Cumplimiento de Plazos	65
5.1.1.1. Causas de No Cumplimiento.....	70
5.1.2. Cumplimiento de actividades programadas según rendimiento.....	76

5.1.3. Carta Balance	79
5.1.4. Comparativo de costos de losa aligerada viguetas Pretensadas VS propuesto Sistema Prelosa.....	89
5.1.4.1. Análisis de Precios Unitarios con Viguetas pretensadas.....	91
5.1.4.2. Análisis de Precios Unitarios con Sistema Prelosa	94
5.1.5. Costo y Tiempo para el Pedido de Materiales.....	96
CAPÍTULO VI.....	100
DISCUSIONES DE RESULTADOS	100
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS	105
MATRIZ DE CONSISTENCIA	106
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	108
PLANO DE UBICACIÓN.....	110
PLANO DE CIMENTACIÓN Y SECTORIZACIÓN DE TECHOS PLANTA TIPICA.....	111
SECTORIZACIÓN DE SOTANOS	112
FACHADA PRINCIPAL - ARQUITECTURA	113
PANEL FOTOGRÁFICO.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales diferencias entre el modelo tradicional y el modelo lean	18
Tabla 2: Operacionalización de la variable	37
Tabla 3: Descripción de indicadores de la variable de estudio: costo de encofrado de estructuras	41
Tabla 4: Cuadro de áreas declaradas del Edificio Multifamiliar Plaza Cuba	48
Tabla 5: Análisis Comparativo: Aplicación del método tradicional Vs LPS en el proyecto Plaza cuba	49
Tabla 6: Resumen del Porcentaje del Plan Cumplido con el LPS	66
Tabla 7: Cuadro comparativo para el cumplimiento de plazos	66
Tabla 8: Resumen Porcentaje de Plan Cumplido Acumulado	69
Tabla 9: Cuadro de las Causas de No cumplimiento	73
Tabla 10: Cuadro comparativo para el vaciado de losa de un sector	77
Tabla 11: Datos generales para la carta balance	80
Tabla 12: Tiempos para el diagnóstico de cada personal	81
Tabla 13: Trabajo Productivo	81
Tabla 14: Trabajo Contributorio	82
Tabla 15: Trabajo No Contributorio	84
Tabla 16: IP presupuesto mano de obra colocación de concreto en losa aligerada	87
Tabla 17: IP con uso de la carta balance mano de obra colocación de concreto en losa aligerada	88
Tabla 18: Cuadro comparativo para MO con el uso de la carta balance Por M3 de concreto	88
Tabla 19: Costo por m2 con viguetas pretensadas	89
Tabla 20: Costo por m2 con sistema prelosa	89
Tabla 21: Porcentaje de ahorro por m2	90
Tabla 22: Cuadro comparativo entre viguetas pretensadas vs sistema prelosa	90
Tabla 23: Análisis de precios unitarios de concreto en losa aligerada 210kg/cm2	91
Tabla 24: Análisis de precios unitarios de viguetas postensadas	92
Tabla 25: Análisis de precios unitarios para bovedillas	92
Tabla 26: Análisis de precios unitarios para apuntalamiento de viguetas postensadas	93

Tabla 27: Análisis de precios unitarios para acero en losa aligerado $F_y=4200\text{kg/cm}^2$.	93
Tabla 28: Análisis de precios unitarios para tarrajeo de cielo raso	94
Tabla 29: Análisis de precios unitarios para prelosa aligerada $h=0.20$	94
Tabla 30: Análisis de precios unitarios para apuntalamiento de prelosa.....	95
Tabla 31: Análisis de precios unitarios para acero en losa aligerada	95
Tabla 32: Costo y tiempo del escenario de empresa.....	96
Tabla 33: Costo y tiempo de una propuesta de mejora.....	97
Tabla 34: Pedido y costo de material para el tercer piso de la Empresa	98
Tabla 35: Pedido y costo de material de una propuesta de mejora.....	98
Tabla 36: Cuadro comparativo entre la empresa y la propuesta de mejora.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de producción eficiente	15
Figura 2: Sistema de producción eficiente para la optimizacion.....	15
Figura 3: Modelo de conversión.....	17
Figura 4: Fundamentos Lean construction	22
Figura 5: Cuadro resumen de Last Planner System.....	22
Figura 6: Lean construction y la planificación colaborativa.	24
Figura 7: Procesos del Last Planner system.	24
Figura 8: Programación Maestra de toda la obra.....	25
Figura 9: Reglas para permitir que las actividades programadas permanezcan o entren en cada uno de los tres niveles de jerárquica primaria del sistema de programación.....	26
Figura 10: Programación semanal	27
Figura 11: Porcentaje de plan cumplido	28
Figura 12: Ubicación del Proyecto	45
Figura 13: Ubicación del Proyecto Delimitado	45
Figura 14: Levantamiento digital del edificio multifamiliar Plaza cuba.....	46
Figura 15: Sectorización del Edificio Multifamiliar Plaza Cuba	47
Figura 16: Plano de sectorización - Sector 1	51
Figura 17: Plano de sectorización - Sector 2	52
Figura 18: Plano de sectorización - Sector 3	53
Figura 19: Metrado de actividades por sectores del proyecto	54
Figura 20: Cálculo de cuadrilla por ratio.....	55
Figura 21: Programación maestra del Proyecto multifamiliar Plaza Cuba	58
Figura 22: Aplicación del Last Planner	59
Figura 23: LookAhead Planning obra Edificio Multifamiliar Plaza Cuba.....	60
Figura 24: Análisis de restricciones semanales proyecto plaza cuba	62
Figura 25: Porcentaje de plan cumplido semana 23 proyecto plaza cuba.....	63
Figura 26: Resumen semanal del PPC proyecto plaza cuba semana 23.....	63
Figura 27: Comparativa entre el uso del Last Planner System y el método tradicional	67
Figura 28: Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)	68

Figura 29: Porcentaje de Plan Cumplido acumulado (PPC acumulado).....	70
Figura 30: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento	75
Figura 31: Diagrama de Pareto de las Causas de No Cumplimiento	76
Figura 32: <i>Análisis para la partida de encofrado en verticales</i>	76
Figura 33: <i>Programación a tres días vs sistema tradicional a cuatro días</i>	77
Figura 34: Tareo semanal de hh de encofrado en verticales	78
Figura 35: <i>Curva de productividad</i>	78
Figura 36: Trabajo Productivo.....	82
Figura 37: Trabajo Contributorio	83
Figura 38: Trabajo No Contributorio	84
Figura 39: Carta Balance General	85
Figura 40: Carta Balance por cada personal que conforman la cuadrilla de trabajo	86
Figura 41: Ahorro por M2 en losa del proyecto	91
Figura 42: Comparativa entre la empresa y la propuesta de mejora	99

RESUMEN

El presente estudio de investigación responde al siguiente problema de investigación: ¿Cómo la aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de plazos en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima? Y tiene como objetivo general determinar el cumplimiento de plazos mediante el sistema Last Planner System y en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima, y la hipótesis general que se verificó fue: La aplicación del Sistema Last Planner mejora el cumplimiento de plazos en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima.

El método de investigación es el cuantitativo y longitudinal; tipo de investigación aplicada; con un nivel de investigación descriptivo explicativo y de diseño cuasi experimental. La muestra está conformada por la caracterización del proyecto de edificación plaza cuba. Para ello se utilizarán técnicas de recolección de datos como observación y redacción de documento que ayudarán a tabular la información en el software Microsoft Excel donde se obtuvo información porcentual y que se graficaron en columna de barras. El plan de investigación se llevará a cabo bajo los criterios de este documento, respetando el cronograma de actividades y el presupuesto establecido.

Se llegó a la conclusión que la aplicación del Last Planner System incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación, esto se apoya con el incremento de la productividad de las unidades y la reducción de los costos y plazos de entrega. Se recomendó que la empresa debe seguir aplicando la Metodología Last Planner System en todo tipo de proyecto, con la finalidad de que disminuyan sus costos operativos y mejore el tiempo de cumplimiento de plazos de ejecución.

PALABRAS CLAVE: Sistema Last Planner, planificación y confiabilidad.

ABSTRACT

This research study responds to the following research problem: How does the application of the Last Planner System improve compliance with deadlines compared to the traditional system in the execution of a building in the city of Lima? And its general objective is to determine the fulfillment of execution deadlines of a building in the city of Lima, through the application of the Last Planner system, in comparison with the traditional system. The result of the experimentation was that the application of the Last Planner System improves the fulfillment of deadlines compared to the traditional system in the execution of a building in the city of Lima.

The research method is quantitative and longitudinal; applied research; with a descriptive and explanatory research level and a quasi-experimental design. The sample is made up of the characterization of the Plaza Cuba building project. For this, data collection techniques such as observation and document drafting will be used to help tabulate the information in Microsoft Excel software where percentage information will be obtained and plotted in a column of bars. The research plan will be carried out under the criteria of this document, respecting the schedule of activities and the established budget.

It was concluded that the application of the Last Planner System significantly increases the reliability of your planning, this is supported by the increase in the productivity of the units and the reduction of costs and delivery times. It was recommended that the company should continue to apply the Last Planner System Methodology in all types of projects, in order to reduce its operating costs and improve the time of compliance with execution deadlines.

KEY WORDS: Last Planner System, planning and reliability

INTRODUCCIÓN

La presente tesis surgió de la falencia en la gestión de proyectos de edificaciones multifamiliares, con la finalidad de cumplir con el cronograma y costo del proyecto. Por ello, se utilizó, en esta investigación, el sistema de control Last Planner System, debido a que mejora sustancialmente el cumplimiento de las actividades y en costo, así como la adecuada utilización de los insumos, materiales, herramientas, equipos y talento humano de los proyectos de construcción, en el distrito de Jesús María.

El desarrollo de este estudio de investigación está compuesto de acuerdo a los siguientes capítulos, los cuales son:

El Capítulo I: Problema de investigación, considera el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, la delimitación de la investigación, las limitaciones y los objetivos.

El Capítulo II: Marco teórico, el cual presenta los antecedentes del trabajo, marco conceptual, y la definición de los términos, las hipótesis y variables.

El Capítulo III: Metodología de la investigación, donde se explica el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, la población y la muestra, así como las técnicas empleadas y los instrumentos para el complemento de este proceso. Adicionalmente, el procedimiento de manejo de los datos y las técnicas específicas de tratamiento.

El Capítulo IV: Desarrollo del proyecto

El Capítulo V: Resultados, acorde a los objetivos y las hipótesis.

El Capítulo VI: Discusión de resultados, en relación a los antecedentes y demás bibliografía.

Finalmente, se realiza la retrospectiva del trabajo con sus conclusiones, las recomendaciones, referencias y anexos correspondientes.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

La planificación adecuada se ha convertido en uno de los métodos más eficaces para aumentar la productividad. Esto se puede conseguir eliminando el tiempo de espera, ejecutando las actividades en el orden más sensato y haciendo una coordinación de la interacción de las múltiples actividades a desarrollar (Brioso, 2017).

La forma tradicional de planificar se basa en la elaboración de un plan general de toda la obra, con muchos detalles desde el principio hasta el final, utilizando las conocidas técnicas de PERT, CPM, las cuales, como suelen realizarse desde la oficina, representan un buen deseo de lo que deberá alcanzarse; no obstante, es sabido que, por diversos motivos, en el transcurso de la obra surgen discrepancias que pueden representar inconvenientes entre lo planificado y lo ejecutado (Orihuela y Ulloa, 2011).

Una de las principales características del sector de la construcción es la gran presión en la que están sometidos, y que deben soportar los trabajadores, incluidas las jefaturas, lo cual provoca que no siempre se entreguen soluciones apropiadas a los problemas que se presentan tanto en terreno como en oficina, debido principalmente porque se vive el día a día (Herrera y Reyes, 2017).

El Last Planner System se fundamenta en la coherencia de la planificación y convierte a todos los miembros en un grupo unido y comprometido, lo que mejora el rendimiento. La ejecución de un proyecto siempre está sujeta a un alto nivel de incertidumbre debido a los numerosos acontecimientos que pueden producirse, como: Desplazamiento de los trabajadores, escasez de materiales, de mano de obra, escasa

participación de las autoridades de alto nivel en los trabajos, entre otros. (Herrera y Reyes, 2017).

A nivel de los países avanzados estas situaciones se fueron corrigiendo con el uso de herramientas tecnológicas que dinamizaron los procesos desde la planificación hasta el control. El rubro desempeñado en la construcción se ha convertido en uno de los rubros más competitivos, debido a las nuevas empresas que están ingresando al mercado. También la oferta de edificaciones no abastece la demanda de un lugar determinado (Brioso, 2017).

En el Perú muchos proyectos ejecutados en el sector estatal tuvieron el problema de ampliación de programación siendo estos no solo fallas en la planificación, sino que por su naturaleza son proyectos cuyas empresas ejecutoras están envueltas en corrupción y a pesar de incumplir el contrato siguen operando como empresas habilitadas para firmar contratos con el estado (Herrera y Reyes, 2017).

En la actualidad se tiene disponible el sistema de control Last Planner System, cuya dinámica es muy distinta a los sistemas tradicionales en el modo en que los proyectos son planificados y controlados. Se basa la metodología en determinar no lo que debería ser hecho sino lo que puede ser hecho, facilitando al definir el trabajo a realizar y que están enlazados con los planes de trabajo semanales.

Por ello, la presente investigación se propone como objetivo principal determinar como la aplicación del Last Planner System mejora el cumplimiento de plazos de ejecución en comparación al sistema tradicional de una edificación en la ciudad de Lima.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo la aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de plazos en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera la aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de las actividades programadas según el rendimiento en comparación del sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima?
- ¿Cómo la aplicación del sistema Last Planner System mejora el costo de ejecución en comparación del sistema tradicional de una edificación en la ciudad de Lima?

1.3. Justificación

1.3.1. Social o práctica

A nivel práctico, esta investigación de acuerdo con lo mostrado busca la aplicación del sistema last planner system que contribuya a la mejora de gestión de proyectos de edificaciones, en el caso de esta presente tesis en proyectos multifamiliares, así poder demostrar el incremento en productividad con el uso de este sistema y como consecuencia cumplir el cronograma del proyecto.

1.3.2. Científica o teórica

A nivel teórico, esta investigación contribuye en el estudio teórico del sistema LPS en el planeamiento, programación y control del proyecto.

1.3.3. Metodológica

A nivel metodológico, la presente investigación contribuye en el diseño de metodologías con instrucciones actualizadas y su procesamiento en hojas de cálculo Excel, con la finalidad de demostrar los hallazgos que resultan de esta implantación y si es viable, por medio de este análisis, la toma de decisiones que mejoren el sistema en el proyecto así lograr un mejor desarrollo.

1.4. Delimitación del Problema

1.4.1. Delimitación Espacial

La investigación se delimitará espacialmente en el distrito de Jesús María, Provincia Lima, Departamento Lima.

1.4.2. Delimitación Temporal

La investigación se delimitará temporalmente al año 2020.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar el cumplimiento de plazos mediante el sistema Last Planner System y en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Comprobar en qué medida la aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de las actividades programadas según el rendimiento en comparación del sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima.

- Demostrar en qué magnitud la aplicación del sistema Last Planner System mejora el costo de ejecución en comparación del sistema tradicional de una edificación en la ciudad de Lima.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Sánchez (2019) en la tesis titulada Gestión e implementación para el cumplimiento de actividades programadas en concreto pre mezclado para edificaciones, basado en LAST PLANNER SYSTEM de la empresa UNICON, el objetivo de este estudio fue analizar la eficacia de la filosofía del sistema Last Planner en la planificación del suministro de concreto preparado por Unicon. En cuanto a la metodología, se utilizó un enfoque cualitativo dentro del sistema Last Planner. En cuanto a los resultados, se encontró que las dos plantas de entrega de concreto premezclado de Unicon (Collique y Meiggs) fueron exitosas en la entrega oportuna de concreto premezclado a sus clientes en Lima, con un tiempo promedio de 99.59 a 123.73 minutos, el cual fue menor al tiempo estándar de Unicon (135.5 minutos), sin embargo, hubo una mayor variabilidad en la entrega (36.37% en promedio). Debido a esta situación, se concluye que tanto las plantas de Collique como las de Meiggs fueron eficientes en la entrega puntual de hormigón premezclado.

Bazán (2017) en su investigación titulada Propuesta de Implementación de la herramienta LAST PLANNER SYSTEM para mejorar la gestión logística del área de

Obras Industriales de la empresa CAM, el objetivo fue proponer la implantación de un sistema de planificación final para mejorar la gestión logística en el ámbito de las instalaciones industriales. En cuanto a la metodología, se utilizó en el sistema del planificador final. En cuanto a los resultados, se obtuvo que al utilizar el sistema del último planificador se puede mejorar la gestión logística en el área de la planta industrial de la CAM, obteniendo un mejor beneficio al final del proyecto, ya que el proyecto de LCT pasa de un 6,31% obtenido con la planificación tradicional de la empresa contra un 11% con la propuesta del sistema del último planificador. Ante esta situación, se ha llegado a la conclusión de que el sistema LCT puede aplicarse a los proyectos de obras industriales, ya que ofrece una serie de herramientas que facilitan su comprensión y aplicación, y con el fin de garantizar su fácil aplicación, se han desarrollado los siguientes formatos.

De la Cruz y Neira (2016) en su tesis titulada Aplicación de la metodología LAST PLANNER SYSTEM en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el distrito de Trujillo 2015 cuyo objetivo era reducir los costes de explotación en al menos un 5% de las estructuras con una altura media. En cuanto a la metodología, se utilizó el último sistema de planificación. En cuanto a los resultados, se comprobó que la mejora del proceso logístico tras aplicar el último sistema de planificación, presentaba un ahorro del 23,70% respecto a los costes operativos del proceso logístico tradicional. Teniendo en cuenta esta situación, se puede concluir que aplicando la revisión de materiales [programación intermedia] al programar el sistema Last Planner, es posible conocer de antemano la cantidad de materiales necesarios con una semana de antelación, evitando así retrasos en la ejecución.

Pirca y Pirca (2019) en la tesis titulada Aplicación del Sistema Last planner System en el proceso de planificación de la obra: Dirección regional de educación de

Huancavelica, el objetivo fue determinar el impacto de la utilización del sistema Last Planner en el proceso de planificación. En cuanto a la metodología, se utilizó el sistema Last Planner. En cuanto a los resultados, se comprobó que el Porcentaje de plan cumplido alcanza el 100%, manteniendo una media final del 84%, que es bastante alta, lo que implica que están muy comprometidos con el trabajo que realizan. Teniendo en cuenta esta situación, se puede concluir que la aplicación de este método garantizó un aumento del 21,02% del trabajo productivo frente al 48,16% de la preevaluación y este aumento supuso una disminución del 8,65% del trabajo contributivo frente al 29,02% y una disminución del 12,37% del trabajo contributivo frente al 22,81% de la preevaluación.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Herrera y Reyes (2017) en la investigación titulada Los pros y contras al implementar el sistema Last Planner en un proyecto de edificación: un caso de estudio, el objetivo de fue estudio fue analizar y registrar la ejecución de las diferentes fases de un proyecto de construcción de unos 10 mil metros cuadrados utilizando el sistema Last Planner. El esquema utilizado es de carácter descriptivo y se realiza mediante el análisis del registro semanal de la curva de avance físico, el porcentaje de planes completados (PPC) y los motivos de incumplimiento (CNC). En cuanto a los resultados, se obtuvo una media del 52% del total de las tareas de actividad realizadas, lo que en definitiva sugiere que se trata de un valor bajo en comparación con lo que se encuentra en la literatura, ya que este valor varía entre el 75% y el 80% en diversos proyectos, lo que se considera bueno. Teniendo en cuenta esta situación, se puede concluir que la implantación del sistema ha sido bastante complicada, ya que la organización nunca se sintió implicada al cien por cien con el método. La revisión del CNC genera una gran mejora en el sistema, ya que identifica fácilmente dónde está fallando, llegando así al origen del problema que provoca las actividades no programadas.

Brioso (2017) en su investigación titulada Sinergias entre el Last Planner System y la OHSAS 18001 - Una visión general, cuyo objetivo fue describir las sinergias logradas por la aplicación simultánea del Último Sistema de Planificación (LPS) y la OHSAS 18001. Metodológicamente, se aplicaron la LPS, la OHSAS 18001:2007 y el Plan de Seguridad y Salud Laboral. En cuanto a los resultados, se constató que, en la mayoría de los países, incluidos España y Perú, la legislación en materia de salud y seguridad en el trabajo se basa en las directrices de la OIT y, por tanto, en la norma OHSAS 18001, lo que sugiere que la LPS y la OHSAS 18001 tienen sinergias evidentes. Teniendo en cuenta esta situación, se puede concluir que la metodología propuesta mejora la integración y la colaboración en el sector industrial, así como el apoyo a la seguridad y la salud laboral, con actividades que representan una inversión de bajo coste y fácilmente replicable, extendiendo la filosofía de la construcción "lean" y la correcta implementación de la prevención de riesgos laborales.

Ureta (2018) en su tesis titulada Impactos en la Aplicación del Sistema Last Planner en Obras de Edificación con el Uso de Tecnologías de la Información, el objetivo de este estudio fue evaluar el impacto del uso del sistema Last Planner (LPS) en la gestión de proyectos de construcción, especialmente en las obras de construcción apoyadas por la tecnología de la información, con software especializado en la planificación y control de proyectos. En cuanto a la metodología, se adoptó un enfoque cualitativo en las entrevistas. En cuanto a los resultados, se constató la capacidad de la metodología LPS para aumentar el impacto del FSC en los proyectos apoyados por la tecnología de la información, especialmente con software especializado. Considerando esta situación, se define como conclusión que la implementación del MPS, aplicada a proyectos de altura, generó mejoras en el comportamiento de las organizaciones que pueden ser fortalecidas con un marco claro desde el inicio.

Parra (2019) en la tesis titulada Efecto del Last Planner System en la productividad total de los factores en proyectos de obras viales. Universidad Nacional de Chimborazo, el objetivo de este estudio fue determinar la influencia del sistema Last Planner en el rendimiento global de los factores en un proyecto de carreteras. Metodológicamente, se utilizó un enfoque cualitativo basado en un sistema de selección y revisión. En cuanto a los resultados, se alcanzó un SCR del 40% cuando el personal empezó a adaptarse a la aplicación. Los SCR de la cuarta y la octava semana fueron del 0% porque en la cuarta semana había que realizar dos actividades: la restauración de la matriz y de la conexión de los conductos y el barrido y la imprimación. Ante esta situación, se llegó a la conclusión de que no existía una relación directa entre el PCI y la PTF porque el porcentaje de cada insumo variaba de forma independiente y en el cálculo de la PTF se tenía en cuenta el coste real de los tres insumos, que no era coherente con los precios unitarios del presupuesto de referencia.

Angeli (2017) en su investigación titulada Implementación del sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora el propósito de este estudio fue implementar una metodología de planificación de cargas y analizar los datos obtenidos de dos obras de empresas constructoras en los barrios de Los Condes y San Miguel. La metodología de investigación fue el estudio de casos y la observación participante. La información se extrajo de dos proyectos reales. Los resultados mostraron que un alto porcentaje de actividades de PAC completadas no significaba que el trabajo siguiera el ritmo de los avances teóricos, y esto era evidente en ambos proyectos. Las dos obras llevaban un retraso considerable y, aunque un porcentaje aceptable de los trabajos se completó en pocas semanas, en ambos casos esto no significaba que se estuviera reduciendo el retraso, ya que no se utilizó ningún indicador para vincular el progreso físico programado a través del diagrama de Gantt con el PAC. En ambos casos, no se

indicaba cómo se comparaba el progreso con lo planificado, ya que era posible que las actividades estuvieran completadas al 100% cuando deberían haber finalizado hace tres semanas, por ejemplo.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Pensamiento Lean

Según Rojas et al. (2016) el concepto "LEAN" tiene como principio fundamental la ausencia de "desperdicio" y dos palabras que definen el enfoque de la gestión de proyectos: "valor" y "desperdicio". El objetivo es maximizar el valor de los proyectos y eliminar los residuos que existen en ellos.

LEAN, dentro de sus pensamientos es un conjunto de métodos y herramientas que tienen como objetivo:

- Eliminar el despilfarro causado por los retrasos y la ineficacia de los procesos internos de la organización.
- Prevenir y eliminar las averías de los equipos, los fallos y las pérdidas de producción.
- Buscar siempre la excelencia y la mejora de la calidad.

De acuerdo con Rojas et al. (2016) los cinco principios del pensamiento LEAN son los siguientes:

1. Valor de cada proyecto desde la perspectiva del cliente

El "coste" se define como todo lo que el cliente está dispuesto a pagar, y las actividades que no añaden o no están incluidas en el precio que el cliente pagaría crean el coste del proyecto. Estas tareas se denominan residuos de tipo dos o "muda" y se eliminan del flujo de valor; algunas tareas que son residuos pero que

son necesarias para completar el proyecto a tiempo son residuos de tipo uno (Rojas et al., 2016, p.118).

2. Identificar el flujo de valor

Señala Rojas et al. (2016) que un mapa de la corriente de valor permite que se identifiquen las tareas que agregan valor y las que no es una manera eficaz que permite conocer el valor que el usuario final estaría dispuesto a pagar por un producto. El flujo de valor está conformado por todas las tareas necesarias que deben ser completadas para la entrega del servicio. Para completar el servicio final se contemplan tres tareas:

- i. En primer lugar, la resolución de problemas. Esto comienza con el concepto, pasa al diseño detallado y a la construcción antes de pasar a la producción.
- ii. Segundo. Gestión de la información: va desde la entrada del pedido hasta la entrega, pasando por la planificación detallada.
- iii. En tercer lugar, la transformación física. La ejecución de los pasos del servicio, con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto terminado en manos del cliente. En el caso de un servicio, desde el contacto inicial con el cliente hasta la presentación final del servicio.

3. Permitir que el flujo de valor fluya sin interrupciones

De acuerdo con Rojas et al. (2016) este principio se puede aplicar a cualquier actividad porque se pueden reducir rápidamente a la mitad las herramientas necesarias para realizar la actividad; el esfuerzo humano, el tiempo, el espacio, las herramientas, etc.; se puede mantener un proceso continuo de reducción en el

tiempo. Obstáculos que deben ser eliminados para que el flujo de valor pueda fluir sin problemas:

- Rigidez de los departamentos funcionales.
- Ciclos periódicos de aprobación.
- Cambios constantes en los requisitos del proyecto.
- Interferencia innecesaria de la gerencia (Rojas et al., 2016, p.118).

4. Permitir que el cliente extraiga valor del equipo de proyectos

Lo que se necesita es creado por el usuario cuando es apropiado, por lo que debe permitirle ser un controlador de las acciones y saber lo que se está haciendo cada día. Se confirma con los usuarios lo que es necesario y lo que no, evitando el despilfarro (Rojas et al., 2016, p.118).

5. Buscar permanentemente la perfección

Los proyectos LEAN requieren un seguimiento constante para mantener y mejorar la eficiencia. La disciplina de equipo y la tolerancia cero al despilfarro garantizan el éxito de LEAN.

La búsqueda de la excelencia es necesaria para evitar que los proyectos vuelvan a su estado original, es decir, la ley de la entropía: las cosas en el mundo vuelven a su estado natural y tienden al caos con el paso del tiempo, lo que significa que si los proyectos no se revisan, se producirá un mayor despilfarro y una mayor escala (Rojas et al., 2016, p.119).

2.2.2. Lean Production

Según Pons (2014) es un sistema empresarial desarrollado originalmente por Toyota Motors Company encabezado por el jefe de producción Taiichi Ohno tras la

Segunda Guerra Mundial para organizar y gestionar el desarrollo de productos, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores. Requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según las especificaciones del cliente que la producción en serie anterior.

2.2.3. Lean Construction

De acuerdo con Pons y Rubio (2019) la aplicación de los principios y herramientas lean a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción se denomina lean Construction. La construcción sin pérdida implica la aplicación de los principios y herramientas Lean en todo el proceso del proyecto, desde el desarrollo del concepto hasta la ejecución y la puesta en marcha.



En ese mismo sentido, Pons y Rubio (2019) entender el modelo Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia en la empresa. Por ello, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, marketing, ventas, ejecución, servicio post-venta, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, gestión empresarial, logística y relaciones con la cadena de suministro.

Señala Pons (2014) que, para abordar la mejora continua en este pensamiento, se necesita cumplir tres fases:

1. Ser consciente de que algunas de nuestras actividades serán improductivas y no añadirán valor desde la perspectiva del cliente. A partir de ahí, realizamos el

control de costes de Lean Manufacturing porque ahora tenemos los conocimientos y las herramientas de gestión para empezar a identificar, calcular y controlar los residuos. Mejoramos los beneficios reales y reducimos los residuos reales mejorando los procesos de diseño y ejecución para reducir los costes de fabricación sin reducir la calidad y el rendimiento de los edificios.

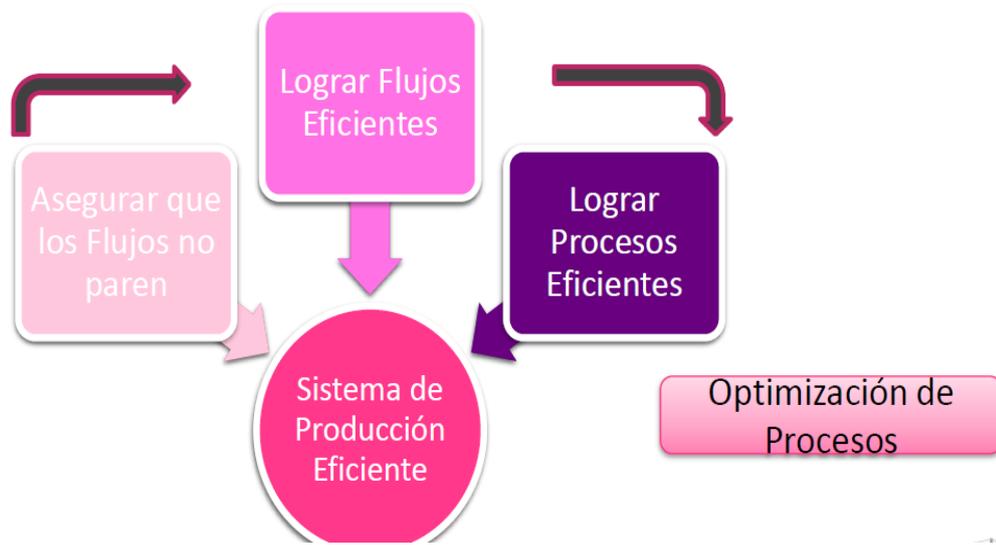
2. Esforzarse por mejorar continuamente y controlar los costes mediante mejoras en el diseño y los procesos. Seguimos reduciendo los residuos y obteniendo los beneficios previstos.
3. Estabilizar los márgenes de beneficio. Transformamos los residuos y los costes de producción en una mejora real respecto a los costes estimados originalmente. Aplicamos ciclos de mejora continúa desarrollando nuevos estándares cuando superamos los anteriores.

2.2.3.1. Sistema de producción eficiente

La forma de mantener el calendario y la productividad en un proyecto de construcción es tener un sistema de producción eficiente. Para disponer de un sistema de este tipo, hay que alcanzar los siguientes objetivos, por orden de prioridad.

- Asegurar que los flujos no paren
- Lograr flujos eficientes
- Lograr procesos eficientes

Figura 1: Sistema de producción eficiente



Fuente: Cesar Guzman, 2020.

Figura 2: Sistema de producción eficiente para la optimización



Fuente: Cesar Guzman, 2020.

2.2.4. Modelo tradicional vs modelo Lean

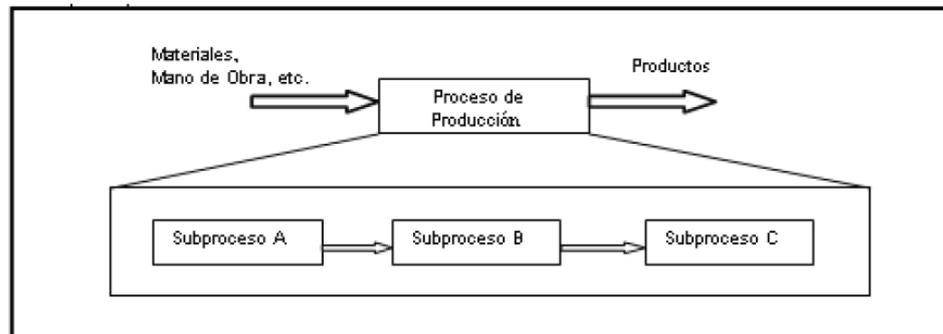
✓ **Modelo tradicional**

Identifica Pons (2014) Los retos típicos del modelo tradicional de gestión integrada de proyectos, desde el diseño inicial hasta la ejecución, operación y mantenimiento, son los siguientes:

- Hay poca formación y experiencia con los nuevos sistemas de gestión y planificación del trabajo.
- Control de calidad ineficaz basado en métodos estadísticos que están lejos de garantizar el 100% de la calidad.
- Falta de coherencia en el cumplimiento de las medidas de seguridad.
- Errores y omisiones en los proyectos.
- Falta de interés por la educación y la formación de los trabajadores.
- Falta de coordinación entre las partes implicadas en las distintas fases del proyecto.
- Falta de transparencia y comunicación entre las partes interesadas.
- Baja productividad en comparación con otros sectores.

La construcción se entiende como un proceso en el que las materias primas (materiales, ingreso) se transforman en productos (outputs), este modelo de producción se conoce como modelo de transformación de procesos, este proceso se puede dividir en los siguientes subprocesos de transformación.

Figura 3: Modelo de conversión



Fuente: Propia, 2020.

Este enfoque no diferencia entre los subprocesos de conversión y, por esto asume que todos agregan valor.

Sin embargo:

Albañilería → **Agrega valor**

Transporte de materiales → **No agregan valor**

Asume que el costo del proceso se reduce si se minimizan los costos de todos los subprocesos, ignora efectos producidos por la interdependencia de los subprocesos, pues asume que el sistema de producción es lineal y secuencial.

✓ **Modelo Lean**

Según Rojas et al. (2016) por medio de la aplicación de la filosofía LEAN en la construcción trae las siguientes mejoras:

- Distribución de planta.
- Mejoramiento de la logística interna de la obra.
- Mejoramiento de las condiciones de seguridad en obra.
- Disminución del impacto ambiental.
- Mejoramiento de la condición de vida de los obreros en el proyecto.

- Medición de la productividad en obra, tanto pérdidas como tasas de producción.
- Utilización de tecnologías de información y comunicación para el control de obra.

Si consideramos la construcción como un proceso y no como una simple transformación, el "modelo de proceso" se compone de actividades:

La conversión: actividad que **SI** agrega valor

Las pérdidas: actividades que **NO** generan valor

Por lo tanto, este enfoque pretende minimizar y/o eliminar las pérdidas del proceso. Esto tiene un gran impacto en el proceso de producción porque las pérdidas ocupan una gran parte del proceso de producción.

Tabla 1: Principales diferencias entre el modelo tradicional y el modelo lean

	Modelo Tradicional	Modelo Lean
Sistema Operativo	Camino Crítico Sistema Push Transformación de procesos e información Ejecución de actividades lo más pronto posible Focalización de las transacciones y contratos	Last Planner System Sistema Pull Transformación, flujo de valor y generación de valor Ejecución de las actividades en el último momento responsable Focalización en el sistema de producción
Acuerdos y términos comerciales	Fomenta el esfuerzo unilateral, asigna y transfiere el riesgo	Anima, fomenta, promueve y apoya el intercambio de información
Riesgo	Riesgo individual	Riesgo colectivo
Diseño y procesos	No todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño Una vez que el proyecto está diseñado empieza el diseño de procesos	Todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta
Proceso	Lineal, inequívoco, segregado	Concurrente y multinivel

Comunicación	Basada en papel, 2 dimensiones, analógico	Medios digitales, virtuales, BIM (3,4 y 5 dimensiones)
---------------------	---	--

Fuente: Introducción a Lean Construction.

2.2.5. Last Planner System (último planificador)

De acuerdo con Brioso (2017) el Sistema del Último Planificador (LPS) fue desarrollado por Glenn Ballard y sostiene que una buena planificación se logra superando barreras en la industria de la construcción como:

1. La planificación no está diseñada como un sistema, sino que depende de las habilidades y el talento del planificador.
2. No se mide el sistema de planificación en el proceso de diseño.
3. No se analizan los errores de planificación ni se identifican sus causas.

De acuerdo con Cortés et al. (2020) el sistema global de fabricación está experimentando cambios en la década de los 90, que comenzaron en la industria del automóvil pero que luego se trasladaron a otras industrias como la de la construcción. Para mejorar la eficacia de las industrias y los sistemas de fabricación, nació una nueva forma de trabajar, el sistema de fabricación ajustada. Este sistema proporciona herramientas que promueven una mayor integración entre los diferentes actores sociales y las empresas implicadas en un proyecto a lo largo de su ciclo de vida, desde los gestores hasta los trabajadores en la obra, lo que implica la adopción de un nuevo enfoque de gestión integrada de proyectos.

Para Cortés et al. (2020) en una empresa Lean, las personas son un activo fundamental en Lean, que garantiza una mayor calidad del trabajo. Además, fomenta el trabajo en equipo, mejora la comunicación, facilita la revisión de todo el proceso, ayuda a identificar los errores a tiempo y a resolver los problemas con eficacia y rapidez, y conduce a una mayor autogestión. La gestión integrada de todo el proyecto se aleja del

tradicional modelo jerárquico de mando y control para pasar a un sistema de colaboración con autoridad distribuida. En este ámbito, ha surgido una nueva filosofía de fabricación para la industria de la construcción conocida como lean construction o lean building. Se trata de la aplicación de los principios y herramientas Lean a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción, desde su concepción hasta su ejecución y puesta en marcha. Existen varias herramientas para implantar la filosofía de la construcción ajustada en una empresa, una de las cuales es el sistema Last Planner® [LPS].

Botero y Álvarez (2005) señalan que el sistema Last Planner se basa en la integridad de la planificación y todos los miembros forman un grupo unificado y responsable, ya que esto mejora el rendimiento. Siempre hay un alto nivel de incertidumbre en la ejecución del proyecto debido a los numerosos fallos que pueden producirse, como por ejemplo Movilización de trabajadores, escasez de materiales, escasez de mano de obra, falta de compromiso de las autoridades de alto nivel para llevar a cabo el trabajo, etc. Así, el último planificador se refiere a la planificación, a la determinación de lo que realmente se hará y cómo, y al control y la verificación de lo que ocurre; así, el proyecto irá bien si decimos lo que se puede hacer y lo que realmente se hará, pero son las personas implicadas en el proceso las que hacen cumplir cualquier método, porque si están interesadas y motivadas, aprenden a comprometerse con una persona de un nivel superior o inferior, y se les exige que cumplan esos compromisos.

Señalan Botero y Álvarez (2005) señalan que este último sistema de planificación tiene cuatro niveles de planificación (plan maestro, programa de fases, planificación intermedia y planificación semanal); de esta manera, es posible analizar el plan a ejecutar y reducir la incertidumbre presente, lo que requiere considerar lo que se debe hacer y lo que realmente se puede hacer, además de los obstáculos percibidos, con el fin de mantener los objetivos claros y precisos y tratar de resolverlos lo antes posible, para no afectar el

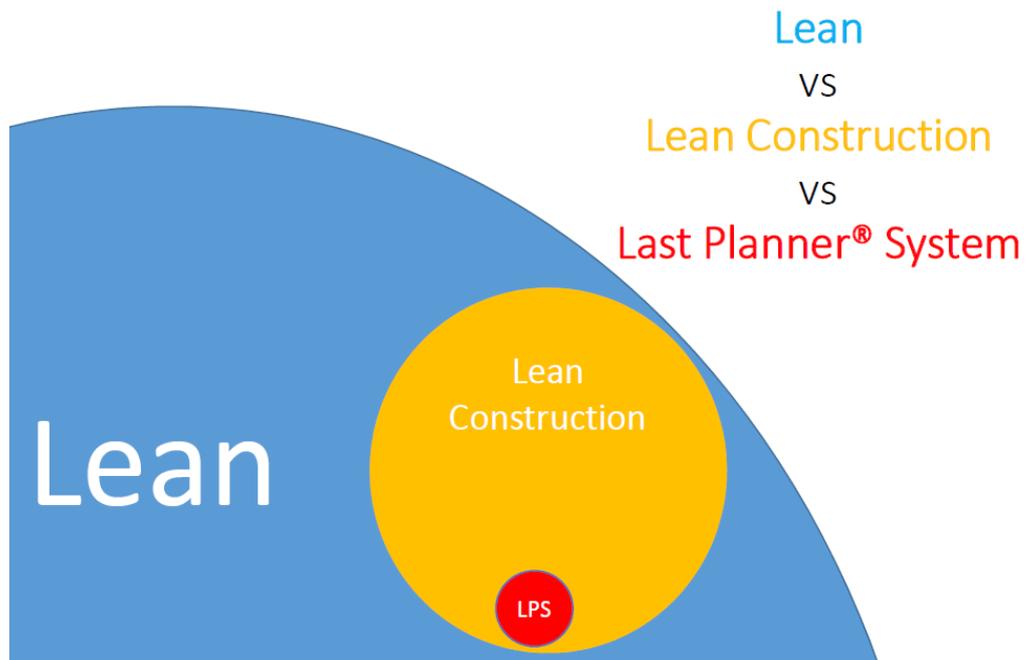
futuro Requisito previo para cualquier coordinación es un proceso continuo de obtención y mantenimiento de compromisos de los involucrados en el proceso de planificación; esto puede reducir el desperdicio, simplificar el programa y garantizar una mejor comunicación con las partes interesadas.

Según Pons y Rubio (2019) el proceso de planificación dependía del programador o planificador, del director del proyecto o, más a menudo, directamente del director del proyecto, que solía hacer el trabajo de pensar y desarrollar un plan de trabajo casi en solitario utilizando un diagrama de Gantt. La información y la experiencia reales de las unidades de producción no se tuvieron en cuenta o no se integraron en el proceso de planificación, por lo que no se incluyeron en el proceso de toma de decisiones. Esto no significa que tradicionalmente no haya cooperación en el proceso de planificación, sino sólo si ésta se realiza de acuerdo con los procedimientos y bajo los auspicios de una metodología como la LPS, que reúne a todos los participantes en el trabajo y promueve la cooperación.

Pons (2014) destaca que el Last Planner System recomienda:

1. Planificar con más detalle a medida que se acerca el día en que se debe realizar el trabajo.
2. Planificar en colaboración con los que realizan el trabajo, implicando a los sectores de apoyo, incluidos los de salud y seguridad.
3. Identificar y aplicar oportunamente las "restricciones", es decir, todo lo que hay que tener en cuenta para que el equipo realice las tareas previstas.
4. Asumir compromisos firmes
5. Aprende de las pausas.

Figura 4: *Fundamentos Lean construction*



Fuente: 360 lean, 2020.

Figura 5: *Cuadro resumen de Last Planner System.*

Debería	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos	Reunión inicial
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fecha de cada equipo/sector	
Se puede	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación	Reunión mensual
Se hará	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el período	Reunión periódico
Se hizo	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento	

Fuente: Introducción a Lean Construction. Pons, Juan. 2014.

Para Pons (2014) los elementos del Last Planner System son:

Planificación Maestra (Cronograma General o Maestro)

El primer paso consiste en establecer plazos e hitos para el calendario general, enumerar todas las actividades sin detalles y seleccionar el proceso de construcción adecuado en función del presupuesto y los recursos disponibles.

Cada entrega debe estar claramente diferenciada en función de las necesidades y requisitos del cliente, y deben definirse los sistemas de producción, salud y seguridad, logística, calidad y medio ambiente.

En esta fase debe incluirse el Análisis Preliminar de Riesgos (APR) para cada fase del programa, a fin de lograr una previsión eficaz de los recursos para la gestión de la salud y la seguridad.

Phase Pull Planning

Según Brioso (2017), se trata de un proceso de planificación colaborativa en el que los ejecutores (últimos planificadores) y los responsables del área de apoyo definen las "marchas", es decir, intervienen en el desarrollo de varias alternativas del programa.

Todos ellos se convierten en planificadores que distinguen las relaciones entre las actividades, ajustan las secuencias y toman decisiones que se convierten en obligaciones contractuales que sólo pueden modificarse con el acuerdo colectivo de todo el equipo (Brioso, 2017).

El último sistema de planificación demuestra que este desfase entre lo que DEBE hacerse y lo que finalmente se HACE puede mejorarse mucho si obtenemos información fiable y colaboramos con los planificadores finales [directores de proyecto, subcontratistas, jefes de equipo, etc.] para poder visualizar a medio plazo lo que se puede

hacer en la práctica, y luego a corto plazo lo que se HACE con mucha más certeza (Orihuela & Ulloa, 2011).

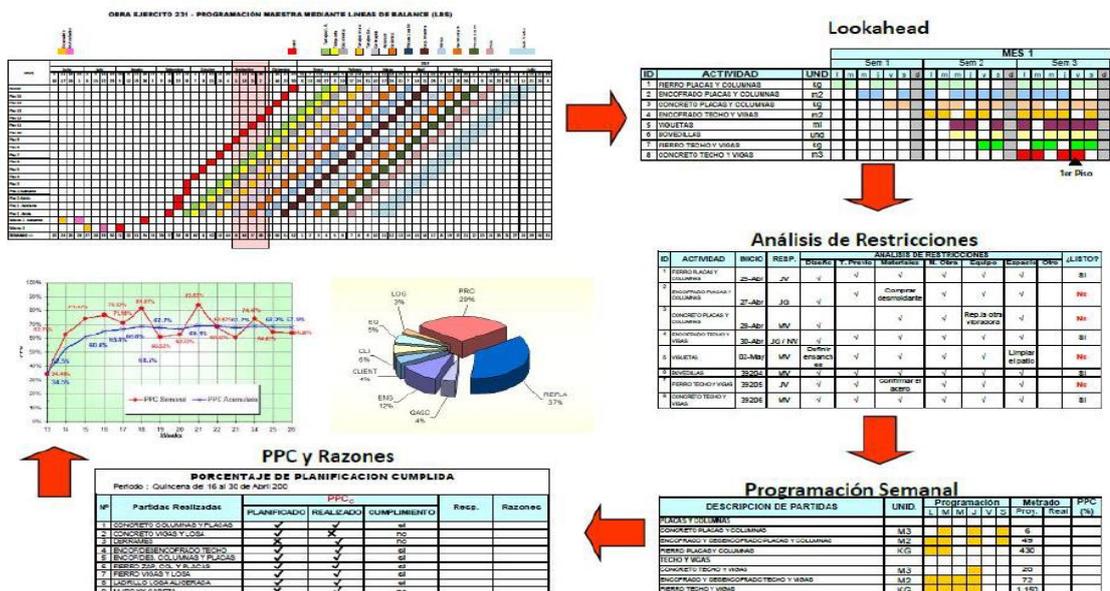
Figura 6: Lean construction y la planificación colaborativa.



Fuente: Pons, Juan. 2019.

En el sistema LPS encontramos los siguientes procesos o niveles.

Figura 7: Procesos del Last Planner system.



Fuente: 360 lean, 2020.

1. Planificación Maestra

Consiste en definir los hitos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos. Aquí el trabajo se realiza a nivel de grupos de actividades (fases), y el calendario se establece para todo el proyecto. Este calendario puede estar sujeto a cambios y ajustes en función del estado del proyecto (inicio, procesos, duración, entre otros). En la siguiente figura se esquematiza la programación del casco de una obra donde se identifican los hitos principales de la estructura:

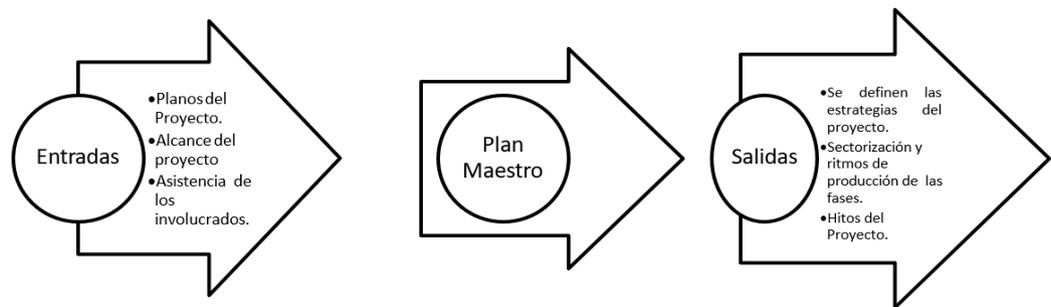


Figura 8: Programación Maestra de toda la obra

ACTIVIDAD	MESES							
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.
Obras Provisionales	♦							
Movimientos de Tierras			S2					
Calzaduras			S2					
Cimentación			S2					
Muro de Contención				S2 S1				
Columnas y Placas				S2 S1 1P	2P 3P 4P	5P 6P 7P		
Vigas y Losas				S2 S1 1P	2P 3P 4P	5P 6P 7P		
Tabiquería					1P	S2 2P 3P	4P 5P	6P 7P
Tarrajeos						S1 1P 2P	3P 4P	5P 6P
Pisos					S2		1P 2P	3P 4P

Fuente: (Orihuela & Ulloa, 2011).

2. Planificación por Fases:

Consiste en detallar las actividades que serán necesarias para ejecutar una fase del proyecto. En este tipo de planificación se usa la Técnica del Pull, para lo cual se recomienda la programación reversa, es decir, se trabaja de atrás [actividad final de una

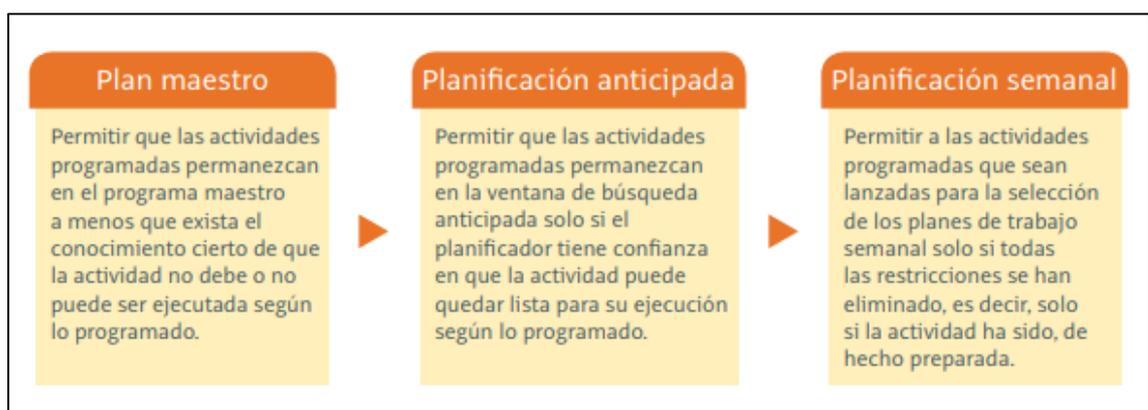
fase] hacia adelante (actividad inicial de la fase). Esto ayuda a determinar los trabajos que son necesarios para cumplir el objetivo de la fase (Orihuela & Ulloa, 2011).

Las partes interesadas deben reunirse para planificar estas actividades. La práctica recomendada por Lean es trabajar en una pizarra blanca utilizando "Post it", donde se anotan las tareas que tienen que hacer o lo que tienen que hacer los demás para conseguir el objetivo. Se pegan y ordenan según la orden de trabajo. Una vez establecido el pedido, comienza el cálculo de la duración del trabajo. Se debe procurar que los tiempos dados sean lo suficientemente libres para absorber cualquier variabilidad

Los beneficios de esta parte de la programación son:

- El equipo entiende mejor el proyecto.
- El equipo tiene la oportunidad de conocerse más.
- Cada miembro sabe lo que los otros necesitan para llevar a cabo sus tareas.
- Todos entienden lo que se debe hacer y cuándo hay que hacerlo (Orihuela & Ulloa, 2011).

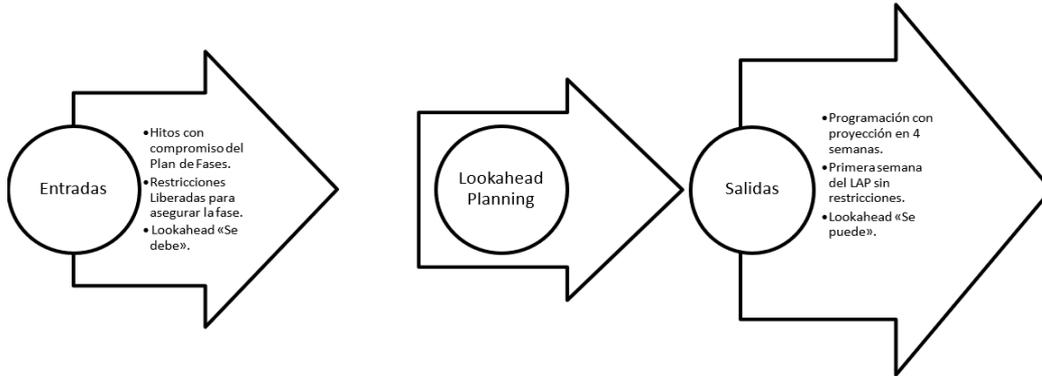
Figura 9: Reglas para permitir que las actividades programadas permanezcan o entren en cada uno de los tres niveles de jerárquica primaria del sistema de programación



Fuente: Introducción a Lean Construction (Pons, 2014).

3. Lookahead Planning:

Se trata de un calendario de cuatro semanas que ayuda a identificar las limitaciones y da tiempo para abordarlas. Se desarrolla teniendo en cuenta la secuencia y el ritmo de producción definidos en el plan de fases con todas las partes interesadas, y su previsión se mide y compara con las fases del plan de fases y el plan maestro.

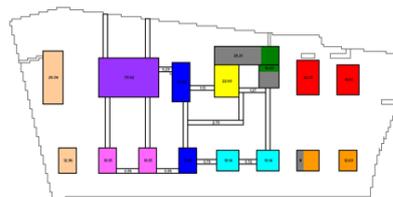


4. Programación semanal:

la programación semanal es la revisión de la semana 1 del lookahead, se programa todas las actividades sin restricciones para asegurar el flujo continuo.

Figura 10: Programación semanal

Descripción de la Actividad	SEMANA 31						
	L	M	X	J	V	S	D
	30	31	01	02	03	04	05
ZAPATAS CENTRALES							
Trazo y replanteo		S5	S6	S7			
Excavación localizada		S5	S6	S7			
Perfilado de zapata	S4		S5	S6			
Concreto de falsa zapata / Solado	S4		S5	S6			
Acero de zapatas	S3	S4		S5			
Encofrado de zapatas	S2	S3	S4				
Ubicación de balizas	S2	S3	S4				
Concreto de zapatas	S2	S3	S4				



Fuente: Propia, 2020.

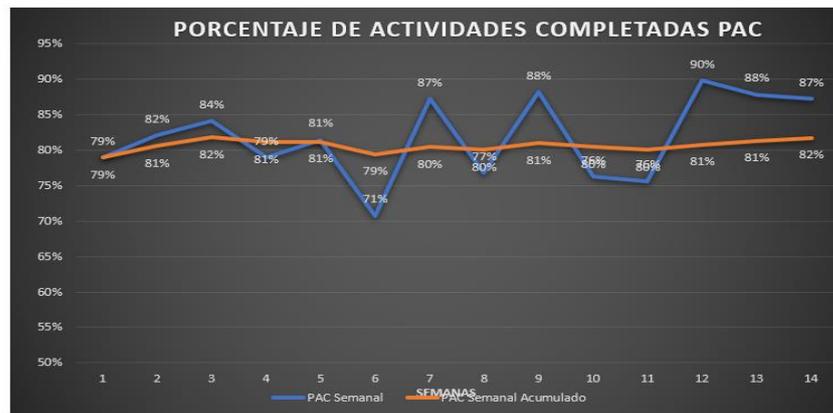
5. Análisis de restricciones

La programación intermedia ejecuta todas las posibles restricciones que pueden impedir la realización de la actividad programada. Este análisis es importante porque si una actividad programada para ser ejecutada tiene una restricción, no puede ser ejecutada porque tiene una restricción que no ha sido eliminada.

6. Porcentaje de plan cumplido

El PPC es un indicador de gestión que nos muestra el porcentaje de cumplimiento entre las partidas ejecutadas y programadas de cada semana.

Figura 11: Porcentaje de plan cumplido



Fuente: Propia, 2020.

2.2.6. Herramienta Lean

2.2.6.1. Nivel General de actividad (NGA)

El NGA mide el nivel de productividad de una obra a nivel general, teniendo como niveles de actividad:

- ✓ Trabajo productivo (TP). – Son aquellas actividades que nos dan un producto terminado valorizable.

- ✓ Trabajo Contributivo (TC). - Son las actividades que coadyuvan al trabajo productivo, sin su participación el trabajo productivo no podría salir como lo solicita el cliente.
- ✓ Trabajo No Contributivo (TNC). - Es un verdadero desperdicio, son las actividades que no agregan nada de valor y se debe de eliminar o reducir de manera dramática.

2.2.6.2. Carta Balance (CB)

La tabla de balance es un estudio de tiempo y movimiento, mide el nivel de actividad como Trabajo Productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo del equipo, se realiza desde un punto fijo donde se visualizan todas las actividades, el tipo de trabajo dentro de cada actividad se determina antes de iniciar la medición y cada una de estas mediciones tiene una duración de 1 minuto, esta herramienta se realiza para las actividades más importantes o relevantes que se repiten en el trabajo, y al mismo tiempo sirve para aumentar la productividad del equipo

Serpell (1990) considera que, mediante el uso de balances, se debe reducir el tiempo ocioso o improductivo y mejorar el rendimiento de las actividades mediante el uso adecuado de los recursos :

Buscar continuamente mejoras en los procesos constructivos, es decir, encontrar formas de optimizar el trabajo y aumentar la productividad, cuantificar eficazmente los recursos para cada actividad, analizar el flujo de trabajo y encontrar formas de eliminar las actividades improductivas, realizar muestreos aleatorios en diferentes días para obtener datos con más trabajo

2.2.7. Productividad

La productividad es una medida de la eficiencia, donde la eficiencia es la cantidad de recursos (horas, tiempo, unidades, bls, etc.) gastados para lograr un resultado determinado. Las medidas de rendimiento pueden proporcionar información para apoyar las decisiones estratégicas y operativas. Cuanto más eficiente es un sistema o proceso, menos recursos consume para conseguir un resultado determinado. Por ejemplo, un indicador de productividad puede ser el número de m2 construidos por cada dólar gastado.

La productividad es el resultado entre el esfuerzo ejercido, es decir, la cantidad producida, y los recursos utilizados.

$$Productividad = \frac{Resultado}{esfuerzos} = \frac{cantidad\ producida}{recursos\ empleados}$$

En general se usan indistintamente las palabras rendimiento y productividad, sin embargo, es importante aclarar que el rendimiento es definido como la inversa de la productividad, es decir:

$$Rendimiento = \frac{Esfuerzos}{Resultado} = \frac{Recurso\ empleados}{Cantidad\ producida}$$

Indicadores de rendimiento o (ratios) pueden ser hh/m2, bls/m3, etc.

2.2.8. Dimensiones del LAST PLANNER SYSTEM

Se han considerado las siguientes dimensiones:

2.2.8.1. Rendimiento personal

Botero (2012), define este rendimiento de mano de obra, como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano, normalmente expresada como um/ hH (unidad de medida de la actividad por hora Hombre).

Además, la eficiencia en la productividad de la mano de obra, puede variar en un amplio rango que va desde el 0%, cuando no se realiza actividad alguna, hasta el 100% si se presenta la máxima eficiencia teórica posible.

2.2.8.2. Ahorro de materiales

Antes de iniciar el diseño y planificación de un proyecto, se debe contar con un estudio de viabilidad. De esa manera se evita invertir en una obra que no sea rentable o para la cual no se cuenta con el capital suficiente. Al conocer el potencial de riesgo, se logra tener además un mejor control del presupuesto.

Para el ahorro de materiales se debe contar con una estrategia de adquisición sólida, la cual permita equilibrar los costos. Elera (2020) menciona algunos consejos para el ahorro de materiales y equipos de trabajos.

En el ahorro de materiales; señala que:

- Es preferible que los materiales de construcción tengan buenas calificaciones por parte de los consumidores.
- Aplicación de las herramientas Lean Construction Management.
- Evitar las compras de los materiales en periodos donde el costo tiende a subir.
- Evaluar la prefabricación, siempre y cuando el diseño del proyecto lo admita.

En el ahorro en equipos; indica que:

- Es preferible calidad, sobre precio, ya que así las herramientas serán más duraderas.

2.2.9. Cumplimiento de plazos

Poma (2014) es el tiempo total disponible para completar un proyecto. También se define como la diferencia entre la fecha de finalización y la fecha de inicio del proyecto.

Burgos y Vela (2015) afirman que "para garantizar un flujo de trabajo normal y eficiente, el cronograma debe cumplirse escrupulosamente en varias etapas, incluyendo la planificación, la organización, la gestión y el control, ya que de ello depende el éxito del proyecto y la revisión de aspectos importantes como el presupuesto de la obra." (p. 14).

Según Orihuela y Ulloa (2011), el último sistema de planificación demuestra que este desfase entre lo que DEBE hacerse y lo que finalmente se hace REALMENTE puede mejorarse en gran medida si se obtiene información fiable y se trabaja con los últimos planificadores (directores de proyecto, subcontratistas, jefes de equipo, etc.) de manera que se pueda visualizar a medio plazo lo que se puede hacer en la práctica, y luego a corto plazo lo que se hará con mucha más certeza.

2.2.10. Dimensiones del Cumplimiento de plazos

2.2.10.1 Tiempo

Burgos y Vela (2015) señalan que "el tiempo es menos tangible que la mano de obra o el material de los elementos que intervienen en la construcción, pero es real e importante porque el tiempo y el dinero están vinculados de muchas maneras" (p. 52).

Valenzuela et al. (2015) señalan que "a efectos analíticos, el tiempo se divide en el tiempo necesario para completar los componentes del proyecto, que a su vez se divide

en el tiempo necesario para completar cada tarea que contribuye a la finalización de cada componente." Al completar las tareas mediante la gestión de proyectos, es importante dividir el trabajo en partes más pequeñas para que pueda ser fácilmente rastreado" (p. 5).

2.2.10.2. Costo

Según Valenzuela et al. (2015), "el coste del desarrollo de un proyecto depende de diversas variables, como la mano de obra, los costes de material, la gestión de riesgos, la infraestructura (edificios, maquinaria, etc.), el equipamiento y los servicios públicos. Cuando se contrata a un consultor independiente para ejecutar el proyecto, el coste suele estar determinado por los honorarios de la empresa consultora multiplicados por el avance estimado del proyecto" (p. 5).

Valenzuela et al. (2015) señalan que tanto el tiempo como el coste son fundamentales para desarrollar los programas de trabajo y las responsabilidades; determinar la duración y el coste del proyecto; las necesidades de efectivo; determinar las rutas críticas para el progreso a través de las fases del proyecto, etc.

Burgos y Vela (2015) señalan que la aplicación de los cambios que se producen en la obra puede provocar retrasos en la finalización de los trabajos previstos por el contratista según el plan de trabajo. En muchos casos, estos retrasos llevan asociados costes adicionales, por lo que el contratista intentará incluirlos en su presupuesto.

2.3. Definición de Términos

- **Building Information Modeling (BIM):** proceso de generación y modelización de datos sobre un edificio a lo largo de su ciclo de vida. También es una herramienta y un proceso que mejora la productividad y la precisión en el diseño y la construcción de edificios (Porrás et al., 2014).

- **Flujo:** La realización paso a paso de todas las tareas del flujo de valor, de modo que el producto progrese desde el concepto hasta el inicio de la producción, desde el pedido hasta la entrega, y desde las materias primas hasta el consumidor, sin interrupciones, desperdicios o movimientos en contra del flujo (Jones & Womack, 2000).
- **Just in time:** Un sistema que produce y entrega los productos correctos en el momento y la cantidad adecuados. El objetivo es realizar las acciones ascendentes minutos o segundos antes de las acciones descendentes para que sea posible un flujo de una sola pieza (Jones & Womack, 2000).
- **Kanban:** El kanban (palabra japonesa que significa "etiqueta" o "tarjeta") es un mecanismo de gestión y garantía de producción oportuna que autoriza y dirige la producción o la recogida de artículos o piezas procesadas o semiprocesadas dentro de un sistema pull (Pons, 2014).
- **Planificación general:** Es la programación de todas las actividades necesarias para completar la obra, incluyendo los trabajos de arquitectura que forman parte del proyecto. El cronograma básico tiene la forma de un diagrama de Gantt (Porras et al., 2014).
- **Proceso:** una serie de operaciones individuales necesarias para diseñar un producto, completar un trabajo o fabricar un producto (Jones & Womack, 2000).
- **Productividad:** La productividad puede definirse como la capacidad de crear, producir o mejorar bienes y servicios. En términos económicos simples, es una medida media de la eficiencia de la producción (Nemur, 2016).
- **Lean Thinking:** Conjunto de principios básicos que centran a una empresa y a sus empleados en la identificación y eliminación de actividades redundantes en

los procesos empresariales, dejando sólo aquellas que crean valor en beneficio de los clientes (Jones & Womack, 2000).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

- La aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de plazos en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- La aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de las actividades programadas según el rendimiento en comparación del sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima.
- La aplicación del sistema Last Planner System mejora el costo de ejecución en comparación del sistema tradicional de una edificación en la ciudad de Lima.

2.5. Variables

- a) **Variable en estudio:** Last Planner System, tiempo, costo.

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Last Planner System

Es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos de construcción (Pons & Rubio, 2019).

Cumplimiento de plazos

El Last Planner System, plantea que esta brecha entre lo que DEBERÍA hacerse y lo que finalmente se HIZO se puede mejorar significativamente si obtenemos información confiable y en conjunto con los últimos planificadores [maestros de obra, subcontratistas, jefes de cuadrilla, etc.], de tal manera que podamos visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se PUEDE hacer, y luego en un plazo más inmediato, lo que con mucha más certeza se HARÁ (Orihuela & Ulloa, 2011).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Last Planner System

Se han considerado las siguientes dimensiones:

- Rendimiento personal
- Ahorro de Materiales

Cumplimiento de plazos

Se han considerado las siguientes dimensiones:

- Tiempo
- Costo

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 2: Operacionalización de la variable

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDIDA
LAST PLANNER SYSTEM	Es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos de construcción. (Pons & Rubio, 2019)	Se han considerado las siguientes dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento personal • Ahorro de Materiales 	Rendimiento personal	Horas de trabajo	Razón
			Ahorro de Materiales	Total, de materiales	Razón
CUMPLIMIENTO DE PLAZOS	El Last Planner System, plantea que esta brecha entre lo que DEBERÍA hacerse y lo que finalmente se HIZO se puede mejorar significativamente si obtenemos información confiable y en conjunto con los últimos planificadores [maestros de obra, subcontratistas, jefes de cuadrilla, etc.], de tal manera que podamos visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se PUEDE hacer, y luego en un plazo más inmediato, lo que con mucha más certeza se HARÁ.(Orihuela & Ulloa, 2011)	Se han considerado las siguientes dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Costo 	Tiempo	Días de trabajo programado	Razón
			Costo	Días de trabajo programado	Razón

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación

El enfoque de la investigación será de naturaleza cuantitativa. Según Niño (2011), este tipo de enfoque se ocupa de la cuantificación, por lo que el medio principal es la medición y el cálculo. Esto significa que intenta medir las variables mediante cantidades.

En concordancia con esta investigación en curso, se utilizará nuestro estudio será cuantitativa ya que se recogerán datos numéricos sobre las variables para poder tomar así decisiones usando magnitudes cuantificables que se podrá medir con la escala de la razón, usando software estadístico.

La investigación será longitudinal, porque se recolectaron los datos en dos etapas: pre y post, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Tales puntos o periodos generalmente se especifican de antemano. (Hernández et al., 2014)

En relación a nuestro estudio será longitudinal porque los datos serán tomados por medio de un periodo de tiempo que dure la investigación.

3.2. Tipo de Investigación

Este estudio reúne las características metodológicas de una investigación de tipo aplicada. Este tipo de trabajos buscan darles solución a problemas prácticos con el apoyo de métodos científicos. (Niño, 2011) Esto explica su interés de aplicar nuevas tecnologías y conocer las consecuencias de su implementación.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de la presente investigación será explicativo. Un estudio con un nivel explicativo, describe conceptos, fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Centra su interés en la explicación de fenómenos y en las condiciones en que se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández et al., 2014).

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación será cuasi-experimental, que es el nombre que se le da a los experimentos en los que los grupos de estudio no se seleccionan al azar porque ya han sido reunidos así antes del estudio (Borja, 2012).

En relación a esta investigación el diseño será cuasi experimental basado cronológicamente por el autor, donde es mostrar el dominio sobre la variable independiente, de esta manera no habrá asignación aleatoria de los demás sujetos intervinientes, así como tampoco habrá grupo de control. Sera cuasi experimental ya que se empleará el diseño pre prueba y post prueba con un solo grupo de las series cronológicas.

Como se muestra en la imagen el diseño mostrar la medición de un solo grupo en la etapa antes para mostrar el posterior que vendría a ser el después sobre la variable dependiente, sin el grupo de control. Se detallarán la simbolización de la siguiente manera:

G: 01 X 02

G: Grupo de estudio

X: Last Planner System

01: Mediciones previas (antes de la implementación del Last Planner System (de la variable de estudio tiempo de cumplimiento de plazos de ejecución)

02: Medición posterior (Después de la implementación del Last Planner System) de la variable de estudio costo de ejecución.

3.5. Población y Muestra

"Una población es el conjunto de todas las instancias que coinciden con un conjunto de especificaciones" (Hernández et al., 2014).

Para esta investigación se contará como población a un proyecto de edificación en la ciudad de Lima, en el distrito de Jesús María que tuvo una duración en estructura de 5 meses aproximadamente.

Una muestra es esencialmente un subconjunto de una población. Digamos que es un subconjunto de los elementos pertenecientes a este conjunto definido por sus características, al que llamamos población (Hernández et al., 2014).

Se considerará como muestra a la caracterización de proyecto de edificación en Lima en el distrito de Jesús María, será tomada con la finalidad del tratamiento estadístico.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas hacen referencia a los procesos, procedimientos o prácticas de investigación, como la evaluación visual y las entrevistas. Se les llama "métodos" porque

son mecanismos de investigación. A veces también se les llama herramientas o instrumentos de investigación (Niño, 2011).

Para presente investigación se utilizará como técnica la observación directa en el momento del trabajo de campo.

Tabla 3: Descripción de indicadores de la variable de estudio: costo de encofrado de estructuras

Indicador	Registro de información	Observaciones
Cumplimiento de programación	Fichas de cumplimiento y formatos en Excel de recursos económicos.	Se valida la conformidad y los gastos respectivos.
Recursos económicos invertidos		

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos

De acuerdo con Hernández et al. (2014) “Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente” (p. 126).

Para el presente estudio los instrumentos que se utilizarán serán las fichas de recolección de datos que contendrán el registro del proceso de edificación que dará a lugar a mostrar la intervención de las dimensiones e indicadores los cuales serán datos cuantitativos.

Durante la implementación del Last Planner System se utilizaron las siguientes herramientas, cada una de estas cuentan con un formato que fue completado para la medición de datos:

- Master plan o cronograma maestro de obra
- LookAhead para generar el tren de avance de cada sector

- (PPC) Porcentaje de Plan de Cumplimiento para un control semanal de las actividades.
- Plan Diario
- Plan Semanal
- Análisis de Restricciones
- Análisis de Causa - Raíz

3.7. Procesamiento de la Información

1. Se llevará a cabo una planificación global de la obra y de cada una de las partidas, con el objeto de evaluar costos y los tiempos programados por el proyecto.

2. Con la finalidad de evaluar el efecto de la aplicación del Last Planner System el estudio se enfocará en partidas que requieran dos frentes de trabajo, de tal forma que en uno de los frentes se aplicará el Last Planner System, mientras que en el otro frente, no se hará una implementación de este sistema. La medición de los datos se hará empleando las fichas de recolección de datos presentadas en el anexo de este trabajo.

3. Se hará un seguimiento de la implementación con Last Planner System, se analizarán las técnicas implementadas y los efectos que estas tienen en el desarrollo de las partidas, tanto desde el punto de vista de los rendimientos, costos, etc. Se hará uso de las fichas de recolección de datos.

4. Debe entenderse que se evaluarán costos, tiempos y la adecuada aplicación del control de obra, en ambos grupos.

5. Finalmente se evaluarán los efectos del Last Planner System en el desarrollo de las distintas partidas del proyecto, para esto se hará uso de las curvas de avance y programadas, es decir, se hará uso de las curvas S.

6. Se analizarán los resultados obtenidos para el frente en el que no se aplicó ninguna metodología.

7. Los datos obtenidos serán analizados posteriormente en gabinete, para finalmente ser comparados y poder determinar de manera adecuada si la aplicación del Last Planner tiene algún efecto en el control de un puente carretero.

3.8. Técnicas y Análisis de Datos

Para procesar los diferentes métodos de análisis de datos se elaborará con la ayuda de una computadora, aplicándose la fórmula adecuada, considerando el volumen considerable de datos. Se realizará los Lookahead de materiales para 3 semanas de la obra que nos permitirá contar con mayor precisión con respecto a los materiales requeridos en cada semana. Con los Lookahead se realizó los Lead Time que son los tiempos desde el momento en que se procesa el requerimiento hasta la puesta en marcha y posterior instalación dentro de la obra, que nos servirán para comparar los costos operativos de la empresa con los costos operativos que se propone y ver la diferencia.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Descripción del proyecto en evaluación

La implementación del Last Planner System en una consultora en el rubro de la construcción se considera como renovación en cómo gestionar un proyecto inmobiliario y por ende renueva el conocimiento en la planificación y proyección de obras en todos los involucrados.

Por ello se realizó una recopilación de información bibliográfica de la filosofía Lean Construction y del Last Planner System, con el fin de emplearlo en el centro de labores.

Esta metodología de planeación, control y mejora continua de proyectos se aplicó en el proyecto “Edificio Multifamiliar Plaza Cuba”, el cual su periodo de implementación del LPS comprende desde la semana 16 a la 34 (17/08/2020 al 24/12/2020).

4.1.1. Ubicación y Distribución del Proyecto

Para el desarrollo de la presente investigación, corresponde al proyecto “Edificio Multifamiliar Plaza Cuba” que está ubicado en la Av. Cuba N°1241-1255-1261, en el distrito de Jesús María, provincia de Lima, departamento de Lima.

Figura 14: *Levantamiento digital del edificio multifamiliar Plaza cuba*

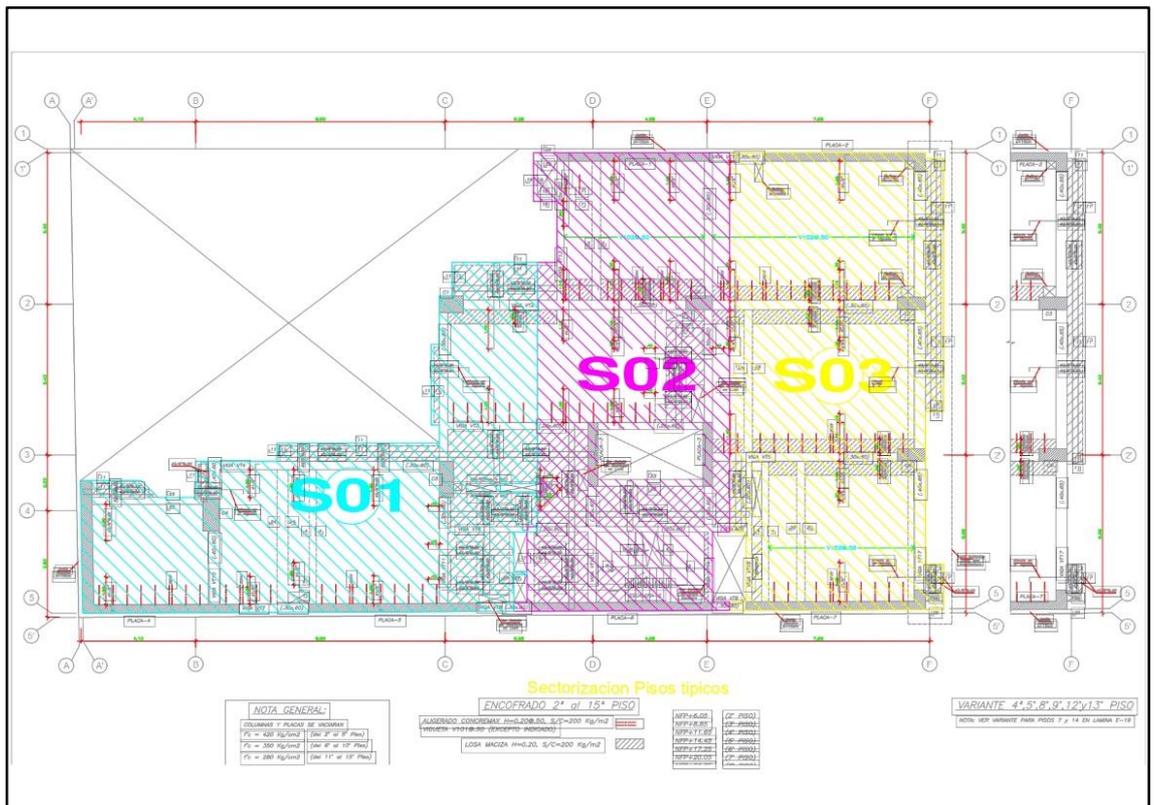


Fuente: Expediente Técnico.

El proyecto de la Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C. comprende un área de 601.00 m² de acuerdo al Certificado de Parámetros Urbanísticos y Edificatorios, un área libre de 259.13 m² y cuenta con un área techada total de 8591.47 m².

La edificación multifamiliar cuenta con 20 pisos, 4 sótanos, dos cisternas y una azotea. El proyecto se divide en 3 sectores para su proceso de ejecución.

Figura 15: Sectorización del Edificio Multifamiliar Plaza Cuba



Fuente: Expediente Técnico.

La distribución de áreas del proyecto se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 4: Cuadro de áreas declaradas del Edificio Multifamiliar Plaza Cuba

CUADRO DE AREAS (m2)							
ÁREAS DECLARADAS							
PISOS	Existente	Demolición	Nueva Computable	Nueva No computable	Amp. / Rem.	Parcial	TOTAL
CISTERNA			180.00 m2				180.00 m2
SOTANO 3			594.88 m2				594.88 m2
SOTANO 2			594.88 m2				594.88 m2
SOTANO 1			594.88 m2				594.88 m2
1° PISO			341.87 m2				341.87 m2
2° PISO			330.56 m2				330.56 m2
3° PISO			330.56 m2				330.56 m2
4° PISO			330.56 m2				330.56 m2
5° PISO			330.56 m2				330.56 m2
6° PISO			330.56 m2				330.56 m2
7° PISO			330.56 m2				330.56 m2
8° PISO			330.56 m2				330.56 m2
9° PISO			330.56 m2				330.56 m2
10° PISO			330.56 m2				330.56 m2
11° PISO			330.56 m2				330.56 m2
12° PISO			330.56 m2				330.56 m2
13° PISO			330.56 m2				330.56 m2
14° PISO			330.56 m2				330.56 m2
15° PISO			330.56 m2				330.56 m2
16° PISO			304.10 m2				304.10 m2
17° PISO			304.10 m2				304.10 m2
18° PISO			304.10 m2				304.10 m2
19° PISO			304.10 m2				304.10 m2
20° PISO			304.10 m2				304.10 m2
AZOTEA			136.62 m2				136.62 m2
ÁREA PARCIAL			8591.47 m2				8,591.47 m2
ÁREA TECHADA							8,591.47 m2
TOTAL							m2
ÁREA DEL TERRENO							601.00 m2
ÁREA LIBRE						43.11%	259.13 m2

Fuente: Expediente Técnico.

Tabla 5: Análisis Comparativo: Aplicación del método tradicional Vs LPS en el proyecto Plaza cuba

	TRADICIONAL	LAST PLANNER	LO QUE SE HIZO	COMENTARIOS
Profesionales asignados a la programación y ejecución	Ing. Residente Ing. Campo	Ing. Residente Ing. Producción Ing. Calidad	Ing. Residente Ing. Producción Ing. Calidad	En el metodo tradicional se asigna un menor numero de profesionales, la cual no cumple en su totalidad de resultados
Alcance y programación	Programación semanal de actividades, sin un analisis detallado de restricciones	Uso del Look ahead para realizar la programación semanal y detectar las restricciones	Uso del Look ahead para realizar la programación semanal y detectar las restricciones	El Look ahead ofrece un detector de restricciones para la ejecución de actividades
Facilidad de aplicación	Sin conocimiento para su aplicación	Es complicado hasta que el personal se familiariza con la herramienta del LPS.	Se tiene ejemplo de otras obras y se maneja con soltura LPS	Contar en la oficina con alguien que domine la herramienta LPS
Identificación y liberación de restricciones	Al no preverse las restricciones no se liberan o se solucionan oportunamente	Se empieza a prever las restricciones: la liberación o solución efectiva	Se empieza a prever las restricciones: la liberación o solución efectiva	Tener las restricciones presente nos ayuda a facilitar la ejecución de las actividades
Utilización sistemática de plantillas	Plantillas tradicionales en Excel, sin detalles	Plantillas sistematizadas detalladas diarias, semanales y restricciones	Se adopta un nuevo sistema de uso de plantillas para un mayor control de obra	Tener plantillas sistematizadas hace el trabajo más ordenado
Estimación de rendimientos	Rendimiento del presupuesto	Seguimiento del rendimiento real en obra (cuadro de rendimientos)	Seguimiento del rendimiento real en obra (cuadro de rendimientos)	
Control de avance	Se asigna poca importancia a la programación semanal	Control semanal para detectar restricciones y actividades no realizadas	control diario	Permitió una dirección más eficiente de la obra

Fuente: Alarcón, 2001

4.1.2. Descripción del Proyecto

El proyecto propuesto por la Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C. en el distrito de Jesús María consta de los siguientes detalles:

- El proyecto incluye un edificio de 76 apartamentos, con 20 plantas + cubierta y 4 sótanos para aparcamiento, una altura de 59,30 m (planta 20); y zonas comunes en la planta baja y la cubierta.
- La superficie total cubierta es de 8.591,47 m².
- El espacio abierto es de 259,13 m², lo que supone un 43,11%.
- El proyecto cuenta con un total de 45 plazas de aparcamiento, de las cuales sólo se requieren 25 para los 76 apartamentos, es decir, 1 plaza de aparcamiento por cada 3 apartamentos según el D.S. N°010-2018-VIVIENDA.
- La torre cuenta con una escalera de evacuación que conecta todos los niveles con un vestíbulo con ventilación mecánica, barandillas a ambos lados y una puerta contra incendios.
- El edificio tiene 2 ascensores que conducen a un pasillo común que da acceso a todos los niveles.
- El edificio tiene 20 plantas + tejado con un retranqueo de 5,00 m desde el borde de la acera.
- El proyecto tiene una estructura de hormigón armado con elementos de refuerzo lateral en ambas direcciones. Todos los elementos estructurales, como losas, pilares y vigas, se colocarán con hormigón prefabricado con la resistencia y los recubrimientos adecuados a la estructura, de acuerdo con las normas de diseño antisísmico. Todos los elementos estructurales serán ignífugos, por lo que cumplirán con las normas prescritas al respecto por la División General del Cuerpo de Bomberos Voluntarios del Perú.

- Los reglamentos empleados para este proyecto fueron: el Reglamento Nacional de Construcciones y Ordenanzas vigentes de la Municipalidad de Jesús María.

4.1.3. Concepto estructural de losas

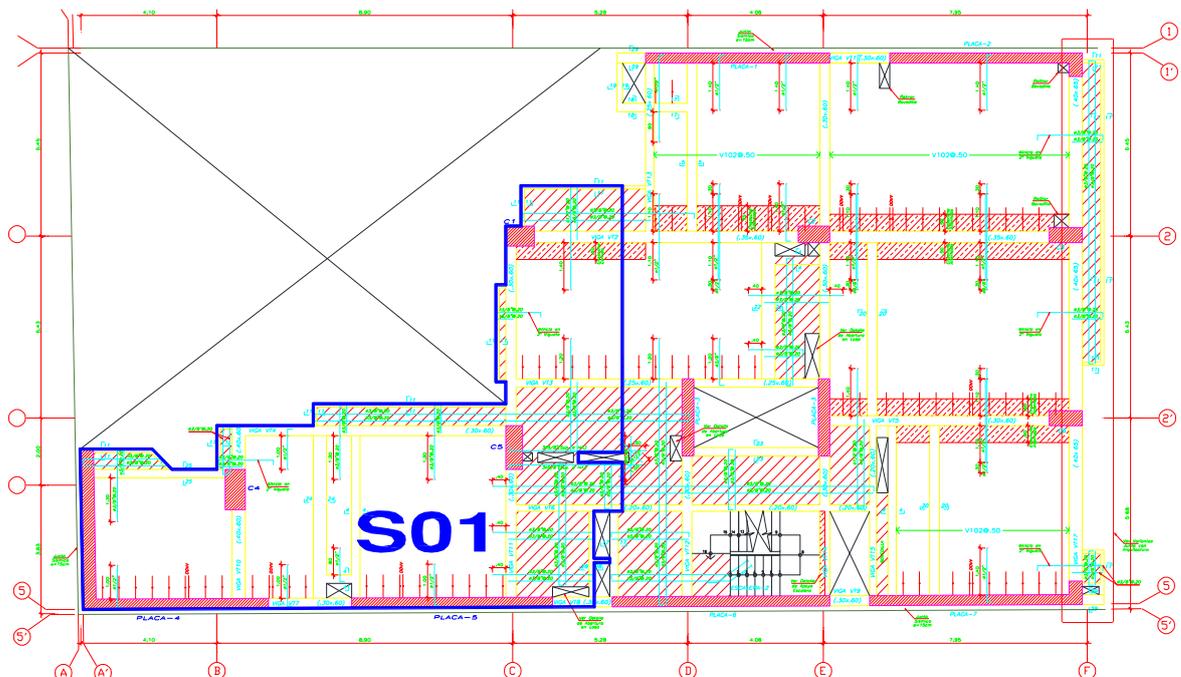
El diseño estructural de las losas inicialmente estuvo contemplado con viguetas pretensadas, de la cual se propuso y se modificó a la ejecución con pre-losas aligeradas.

4.1.4. Sectorización del Proyecto en la etapa de Super estructura

Como el proyecto es una edificación multifamiliar de 20 pisos más azotea se realizó en 3 sectores con áreas promedios realizados en el dimensionamiento de las cuadrillas, con el fin de optimizar los tiempos y costos, obteniendo así una mayor rentabilidad, dicha sectorización ayuda a poder controlar, supervisar y planificar.

El sector 1, comprenden los elementos estructurales como las placas #4, 5 y las columnas C-1, C-4, C-5, como se aprecia en la imagen.

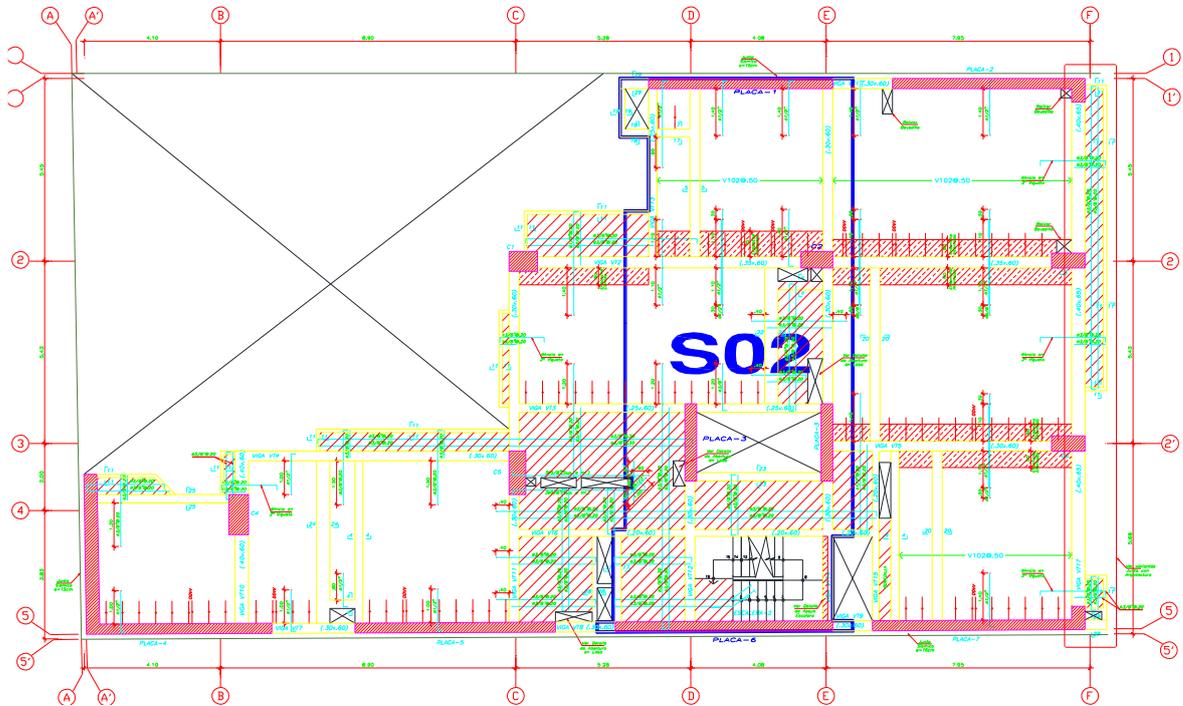
Figura 16: Plano de sectorización - Sector 1



Fuente : Elaboración propia.

El sector 2, comprenden los elementos estructurales como las placas #1,3,6 y las columnas C-2, como se aprecia en la imagen.

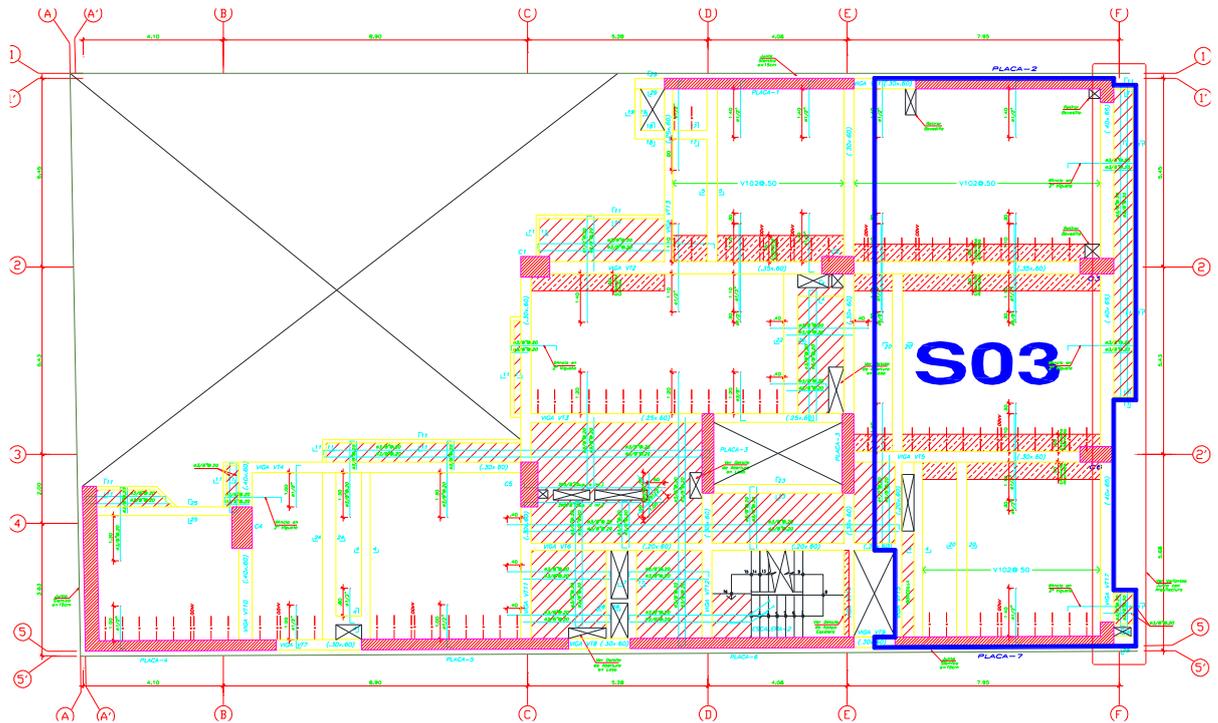
Figura 17: Plano de sectorización - Sector 2



Fuente: Elaboración propia.

El sector 3, comprenden los elementos estructurales como las placas #2,7 y las columnas C-3, C-6 como se aprecia en la imagen.

Figura 18: Plano de sectorización - Sector 3



Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Diseño de cuadrillas

Luego de realizar la sectorización del proyecto se procede a realizar el metrado de cada sector para generar las cuadrillas y el dimensionamiento de las mismas. Esta etapa es importante, ya que se conocerá la cantidad a ejecutar por cada partida de las obras civiles del proyecto.

“Las actividades a considerar en la construcción del proyecto, se encuentran en la NTP- Metrados para obras de edificaciones y habilitaciones urbanas. Todas las actividades que deben de ejecutarse para la fase del casco de cada bloque del proyecto son solo para obras civiles estas” (Chokewanka & Sotomayor, 2018, pág. 54).

Estas actividades comprenden un total de 7, las cuales son:

- Encofrado de verticales
- Vaciado de verticales

- Encofrado de vigas
- Encofrado de losas
- Vaciado de horizontales
- Acero vertical
- Acero horizontal

“Con el metrado de los sectores se procedió a generar el dimensionamiento de las cuadrillas, con el cual se podrá hacer la comparación entre los rendimientos presupuestados y los rendimientos reales de obra” (Chokewanka & Sotomayor, 2018, pág. 55).

Figura 19: Metrado de actividades por sectores del proyecto

Número de Sectores: 3
 Proyecto : Edificio multifamiliar plaza cuba

Actividad	Metrados totales x piso	Sectores Tentativos 3	Sectores Tentativos 4	Sectores Tentativos 5	RESTRICCIONES	Und.	Metrado por Sector				
							1	2	3	4	5
Encofrado de Verticales	306.99	102.33	76.75	61.40	-	m2	115.70	104.73	86.56		
Vaciado de Verticales	45.50	15.17	11.38	9.10	-	m3	17.50	15.50	12.50		
Encofrado de Vigas	129.17	43.06	32.29	25.83	-	m2	41.42	48.08	39.67		
Encofrado de Losas	271.54	90.51	67.89	54.31	-	m2	93.09	76.94	101.51		
Vaciado de horizontales	60.00	20.00	15.00	12.00	-	m2	20.50	20.00	19.50		
Acero vertical	7548.35	2516.12	1887.09	1509.67	-	kg	2989.69	2456.30	2102.36		
Acero horizontal	5867.25	1955.75	1466.81	1173.45	-	kg	2105.30	1958.63	1803.32		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20: Cálculo de cuadrilla por ratio

DATOS					Cálculo de cuadrillas por productividad										Cálculo de cuadrilla por ratio					
ACTIVIDAD	METRADO POR PISO TÍPICO	UND	3 SECTORES / PROMEDIO	NUMERO DE OBREROS POR CUADRILLA	Rendimiento (und/día)	Número de días	Número de horas	Horas diarias por número de cuadrillas						Número de cuadrillas a usar	Ratio	Número de horas hombre	jornada (HH)	Número de trabajadores		Número de cuadrillas a usar
								1	2	3	4	5	6					8	11	
Encofrado vertical	306.99	m2	102.33	2	25	4.1	39.3	39.3	19.6	13.1	9.8	7.9	6.5	5	0.77	78.6	9.6	8.2	8	4
Vaciado vertical	45.50	m3	15.17	2	30	0.5	5.1	5.1	2.5	1.7	1.3	1.0	0.8	1	0.64	9.7	9.6	1.0	1	1
Encofrado horizontal vigas	129.17	m2	43.06	2	10	4.3	41.3	41.3	20.7	13.8	10.3	8.3	6.9	5	1.92	82.7	9.6	8.6	8	4
Encofrado horizontal losa	271.54	m2	90.51	2	30	3.0	30.2	30.2	15.1	10.1	7.5	6.0	5.0	4	0.64	57.9	9.6	6.0	6	3
Vaciado horizontal	60.00	m3	20.00	5	60	0.3	3.3	3.3	1.7	1.1	0.8	0.7	0.6	1	0.80	16.0	9.6	1.7	2	1
Acero vertical	7548.35	kg	2516.12	2	420	6.0	59.9	59.9	30.0	20.0	15.0	12.0	10.0	7	0.05	115.0	9.6	12.0	12	6
Acero horizontal	5867.25	kg	1955.75	2	350	5.6	55.9	55.9	27.9	18.6	14.0	11.2	9.3	7	0.05	107.3	9.6	11.2	11	5
																	22.8	22.0		

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 18 se realizó el cálculo de las cuadrillas para las actividades asignadas por productividad y por ratio, y se tomó la decisión de trabajar con el número de cuadrillas a usar por ratio.

4.1.6. Implementación del Last Planner System

La implementación del sistema Last Planner en el proyecto “Edificio Multifamiliar Plaza Cuba”, fueron por fases, donde se realizó una evaluación actual de la obra, capacitaciones al personal de obra sobre el uso de las herramientas del Last Planner System y un control de cumplimiento.

Se buscó implementar el Sistema Last Planner, ya que la obra tenía retrasos en su ejecución, es decir no tenían un control ni un cronograma adelantado a cada ejecución de partidas, aparte había problemas en el avance normalizado, por estos motivos se decidió a nivel gerencial tomar las medidas respectivas.

Por ello es que se planteó capacitar al personal de obra e implementar el Sistema Last Planner para completar el proyecto en los tiempos establecidos en la firma del contrato y tener un mejor avance de ejecución de partidas en obra.

4.1.7. Metodología de la implementación del Last Planner System

A continuación, se describirán los pasos realizados para la implementación del Sistema del Último Planificador para la obra en mención.

A. Reunión de Conocimiento del Grupo de Trabajo

Para iniciar la implementación de un nuevo sistema de trabajo es necesario conocer al grupo con quien se trabajará, por ello se programó una reunión donde participaran los involucrados del proyecto quienes son: el residente de obra, el administrador, el jefe de producción, el jefe de oficina técnica y los asistentes. En la reunión se explicaron los principios los principios de la filosofía “Lean Construction” y como se implementará las herramientas de control del Sistema del Último Planificador, como se medirán y los resultados que se esperan cumplir.

B. Desarrollo de la Planificación Intermedia (Lookahead)

La Planificación Intermedia (Lookahead) tiene un horizonte de 3 semanas, en el cual se obtiene a partir del Cronograma Maestro. Cada responsable de frente en un proyecto deberá desarrollar un Lookahead correspondiente a las actividades a desarrollar y deberá ser revisados semanalmente durante la reunión de obra, además se incluirá la identificación de las restricciones. Asimismo, la información será actualizada semanalmente y se agregará una semana más al término de la primera en programar.

C. Reunión de la planificación semanal

Las reuniones de obra son los martes de cada semana, además los temas a tratar son los siguientes:

- Revisión del acta de reunión de la semana anterior.
- Revisión del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC).
- Análisis de las Causas de No Cumplimiento (CNC).

- Definición de las actividades para la semana siguiente.
- Revisión de las restricciones de las actividades.
- Otros comentarios.

D. Indicadores a Medir

Por medio de los indicadores se puede saber de manera exacta como la implementación del Last Planner System influye en la obra, es por ello que se empleara la herramienta del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y se analizaran las Causas de No Cumplimiento (CNC).

E. Periodo de la implementación del sistema

El periodo de implementación del Last Planner System mostrará 19 semanas de evaluación, donde la obra “Edificio Multifamiliar Plaza Cuba” se evaluará desde la semana 16 a la 34 (17/08/2020 al 24/12/2020) en su etapa de ejecución de la Super estructura.

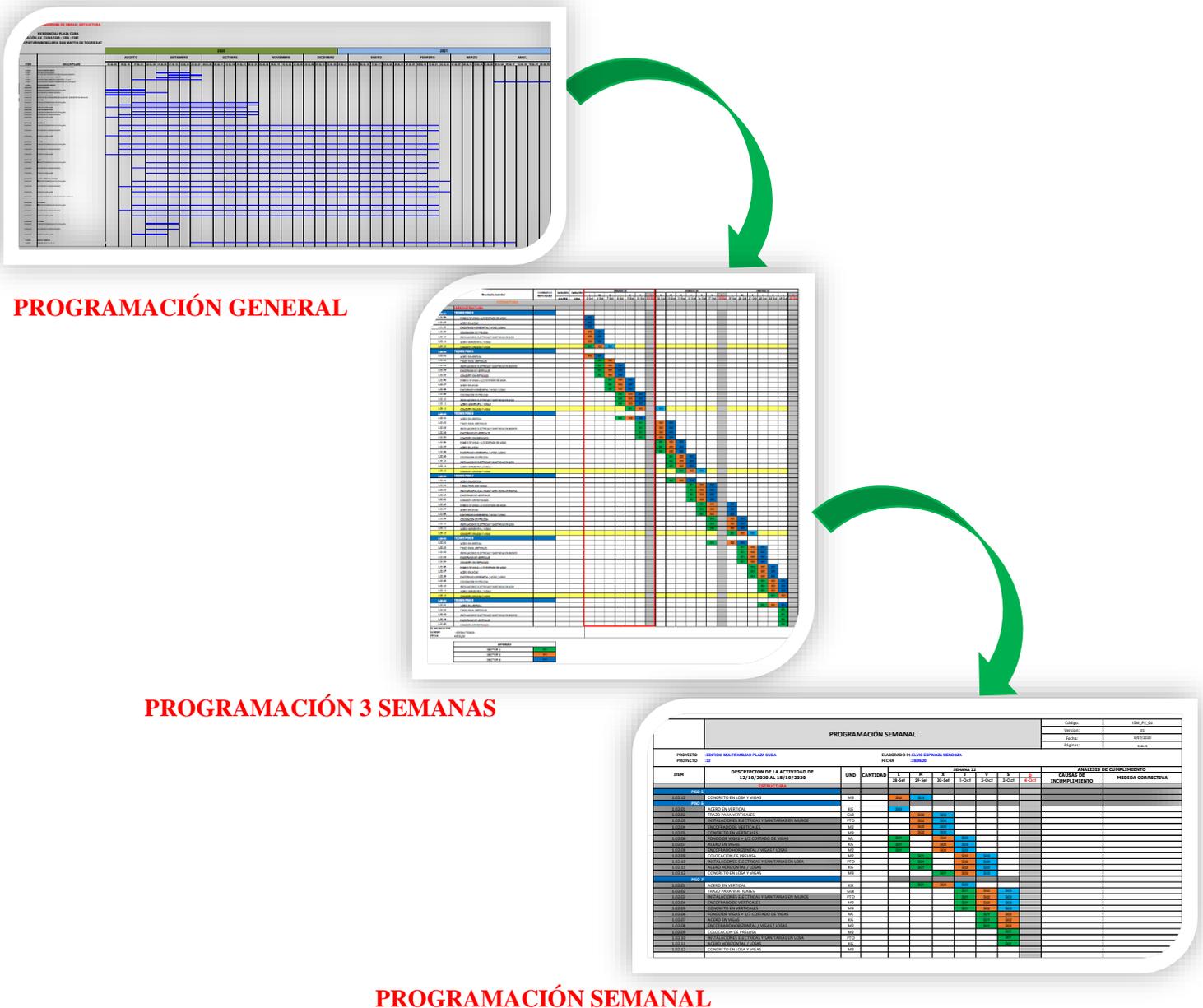
4.1.4. Aplicación del Plan maestro

El cronograma maestro de obra hace referencia a la parte de la subestructura y a la superestructura del proyecto, teniendo como la culminación de la superestructura para semana del 25 al 31 de enero del 2021.

Se realizó una planificación macro con el objetivo de definir las estrategias del proyecto para obtener un escudo de tiempo con respecto al plan contractual.

deberán ser las desarrolladas en la programación, pero a mayor nivel de detalle” (Acosta, 2018, pág. 25).

Figura 22: Aplicación del Last Planner



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23: LookAhead Planning obra Edificio Multifamiliar Plaza Cuba

Item	Descripción Actividad	CONTRATISTA RESPONSABLE	Fecha Inicio	Fecha Fin	SEMANA 23							SEMANA 24							SEMANA 25									
					MACTER							OSBA																
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D			
ESTRUCTURA																												
SUPERESTRUCTURA																												
1.09.00 TECHOS PISO 4																												
1.02.06	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS																											
1.02.07	ACERO EN VIGAS																											
1.02.08	ENCORRADO HORIZONTAL / VIGAS / LOSAS																											
1.02.09	COLOCACION DE PRELOSA																											
1.02.10	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN LOSA																											
1.02.11	ACERO HORIZONTAL / LOSAS																											
1.09.12	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS																											
1.09.00 TECHOS PISO 5																												
1.02.01	ACERO EN VERTICAL																											
1.02.02	TRAZO PARA VERTICALES																											
1.02.03	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN MUROS																											
1.02.04	ENCORRADO DE VERTICALES																											
1.02.05	CONCRETO EN VERTICALES																											
1.02.06	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS																											
1.02.07	ACERO EN VIGAS																											
1.02.08	ENCORRADO HORIZONTAL / VIGAS / LOSAS																											
1.02.09	COLOCACION DE PRELOSA																											
1.02.10	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN LOSA																											
1.02.11	ACERO HORIZONTAL / LOSAS																											
1.09.12	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS																											
1.09.00 TECHOS PISO 6																												
1.02.01	ACERO EN VERTICAL																											
1.02.02	TRAZO PARA VERTICALES																											
1.02.03	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN MUROS																											
1.02.04	ENCORRADO DE VERTICALES																											
1.02.05	CONCRETO EN VERTICALES																											
1.02.06	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS																											
1.02.07	ACERO EN VIGAS																											
1.02.08	ENCORRADO HORIZONTAL / VIGAS / LOSAS																											
1.02.09	COLOCACION DE PRELOSA																											
1.02.10	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN LOSA																											
1.02.11	ACERO HORIZONTAL / LOSAS																											
1.09.12	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS																											
1.09.00 TECHOS PISO 7																												
1.02.01	ACERO EN VERTICAL																											
1.02.02	TRAZO PARA VERTICALES																											
1.02.03	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN MUROS																											
1.02.04	ENCORRADO DE VERTICALES																											
1.02.05	CONCRETO EN VERTICALES																											
1.02.06	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS																											
1.02.07	ACERO EN VIGAS																											
1.02.08	ENCORRADO HORIZONTAL / VIGAS / LOSAS																											
1.02.09	COLOCACION DE PRELOSA																											
1.02.10	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN LOSA																											
1.02.11	ACERO HORIZONTAL / LOSAS																											
1.09.12	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS																											
1.09.00 TECHOS PISO 8																												
1.02.01	ACERO EN VERTICAL																											
1.02.02	TRAZO PARA VERTICALES																											
1.02.03	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN MUROS																											
1.02.04	ENCORRADO DE VERTICALES																											
1.02.05	CONCRETO EN VERTICALES																											
1.02.06	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS																											
1.02.07	ACERO EN VIGAS																											
1.02.08	ENCORRADO HORIZONTAL / VIGAS / LOSAS																											
1.02.09	COLOCACION DE PRELOSA																											
1.02.10	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN LOSA																											
1.02.11	ACERO HORIZONTAL / LOSAS																											
1.09.12	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS																											
1.09.00 TECHOS PISO 9																												
1.02.01	ACERO EN VERTICAL																											
1.02.02	TRAZO PARA VERTICALES																											
1.02.03	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN MUROS																											
1.02.04	ENCORRADO DE VERTICALES																											
1.02.05	CONCRETO EN VERTICALES																											

ELABORADO POR:
 NOMBRE : OFICINA TECNICA
 FECHA : 05/10/20

LEYENDA	
SECTOR 1	001
SECTOR 2	002
SECTOR 3	003

Fuente: Elaboración propia.

4.1.9. Restricciones comunes en obra

El análisis de restricciones consiste en analizar e identificar todos los requerimientos pendientes sean de mano de obra, materiales, incompatibilidades, etc, que puedan originar que las actividades no puedan programarse. Así mismo, el análisis de restricciones tiene por objetivo prever y anticiparse en todo lo necesario para la ejecución de las actividades.

Las restricciones deben tener un responsable asignado para su levantamiento además de un plazo definido para su levantamiento.

Las actividades que no tengan restricciones estarán listas para ser programadas en el plan semanal.

Una vez identificadas y listadas las restricciones deberán ser consolidadas por una el jefe de control de programación u oficina técnica para luego ser distribuidas a cada área responsable de su levantamiento. Cada proyecto será libre de establecer el flujo de información de las restricciones hacia las áreas de soporte o viceversa. Los responsables de las restricciones se definirán en cada reunión semanal de obra.

las restricciones más comunes en la construcción son:

- Materiales. - Nos referimos a los materiales que se necesita para ejecutar dicha actividad.
- Mano de obra. - Se debe tener la cantidad necesaria de personal y de mano calificada para el desarrollo de la partida.
- Equipos. - Hace referencia a contar con equipos y herramientas necesaria para realizar la actividad.
- Diseño. - Actividades que no están definida en el proyecto, planos, memorias, etc.
- Calidad. - Plan de calidad que son exigidos y evaluados en cada partida
- Prerrequisitos. - Partidas que se debe de cumplir antes de ser iniciada otra.

En la siguiente figura se observa la plantilla del análisis de restricciones del mes de octubre, con la cual se lleva un control diario y se realiza el seguimiento necesario la cual fueron planteadas en la reunión semanal de obra.

Figura 24: *Análisis de restricciones semanales proyecto plaza cuba*

ANALISIS DE RESTRICCIONES																
PROYECTO :EDIFICIO MULTIFAMILIAR PLAZA CUBA				ELABORADO POR :ELVIS ESPINOZA												
CLIENTE :INMOBILIARIA SAN MARTIN DE TOURS.				FECHA :05/09/20												
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	RESTRICCIONES										FECHA REQUERIDA	RESPONSABLE DE LEVANTAMIENTO	AREA DE SOPORTE RESPONSABLE	COMENTARIOS
			MAT.	MO	EQ.	ESPAC	INFO.	TAREA PREVI A	CAL.	SSOM A	PUEDA HACER?					
SEMANA 24																
1.0	Encofrado para fondos de vigas piso 5	Solicitar Tablon de 2" para fondo del 503	x										9/10/2020		LOGISTICA	
2.0	Habilitacion y colocacion de fierro	Abastecimiento de Acero	x										6/10/2020		LOGISTICA	
3.0	Trazo y Replanteo para verticales	Equipo Topografico en buen Funcionamiento			x								7/10/2020		EQUIPOS	
4.0	Inst. Electricas	Abastecimiento de Materiales	x										7/10/2020		LOGISTICA	
5.0	Inst. Sanitarias	Abastecimiento de Materiales	x										8/10/2020		LOGISTICA	
6.0	Encofrado placas piso 5	Trazo y Replanteo						x					6/10/2020		TOPOGRAFIA	
7.0	Encofrado	Inst. Electricas o Sanitarias						x					6/10/2020		PRODUCCION Y CALIDAD	
8.0	Vaciado de Concreto	Abastecimiento de Concreto	x						x				7/10/2020		LOGISTICA	
9.0	entrega de placas encofradas	Liberación del encofrado											6/10/2020		CALIDAD	
10.0	Vaciado de Concreto	Encofrado						x					6/10/2020		PRODUCCION Y CALIDAD	
11.0	Desencofrado en fachada perimetral	Verificación del area de seguridad									x		8/10/2020		SSOMA	
SEMANA 25																
1.0	Encofrado para fondos de vigas piso 5	Solicitar Tablon de 2" para fondo del 503		x									15/10/2020		TOPOGRAFIA	
2.0	Habilitacion y colocacion de fierro	Abastecimiento de Acero	x										12/10/2020		PRODUCCION Y CALIDAD	
3.0	Trazo y Replanteo para verticales	Equipo Topografico en buen Funcionamiento			x								13/10/2020		LOGISTICA	
4.0	Inst. Electricas	Abastecimiento de Materiales	x										13/10/2020		EQUIPOS	
5.0	Inst. Sanitarias	Abastecimiento de Materiales	x										14/10/2020		LOGISTICA	
6.0	Encofrado placas piso 5	Trazo y Replanteo						x					12/10/2020		LOGISTICA	
7.0	Encofrado	Inst. Electricas o Sanitarias						x					12/10/2020		TOPOGRAFIA	
8.0	Vaciado de Concreto	Abastecimiento de Concreto	x						x				12/10/2020		PRODUCCION Y CALIDAD	
9.0	entrega de placas encofradas	Liberación del encofrado											13/10/2020		LOGISTICA	
10.0	Vaciado de Concreto	Encofrado						x					13/10/2020		PRODUCCION Y CALIDAD	
11.0	Desencofrado en fachada perimetral	Verificación del area de seguridad									x		15/10/2020			
INVOLUCRADOS																
Residente de Obra			RA													
Jefe de Produccion			EE													
Ing. Calidad			J.P													
Almacenero			B													
Prevencion de Riesgos			A													
Maestro de obra			MC													

Fuente: Elaboración propia.

4.1.10. Indicador de plan cumplido en el proyecto plaza cuba

Una vez ejecutados los trabajos de la semana se debe medir cuánto de lo programado realmente se cumplió y sobre todo cuál fue la causa en caso existan no cumplimientos. Este indicador medirá el cociente del N° tareas cumplidas entre el N° de tareas programadas en el proyecto plaza cuba.

Figura 25: Porcentaje de plan cumplido semana 23 proyecto plaza cuba

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO												Código:	ISM_PPC_01			
												Versión:	01			
												Fecha:	3/07/2020			
												Páginas:	1 de 1			
PROYECTO SEMANA	:EDIFICIO MULTIFAMILIAR PLAZA CUBA :23		ELABORADO POR FECHA	:ELVIS ESPINOZA MENDOZA :11/10/20												
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD DE 05/10/2020 AL 11/10/2020	UND	CANTIDAD	SEMANA 23							PROGRA	CUMPL	TIPO	ANALISIS DE CUMPLIMIENTO		
				L 5-Oct	M 6-Oct	X 7-Oct	J 8-Oct	V 9-Oct	S 10-Oct	D 11-Oct				CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	
ESTRUCTURA																
PISO 4																
1.02.06	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS	ML		S03	1	1							1	1		
1.02.07	ACERO EN VIGAS	KG		S03	1	1							1	1		
1.02.08	ENCOPRADO HORIZONTAL / VIGAS / LOSAS	M2		S03	1	1							1	1		
1.02.09	COLOCACION DE PRELOSA	M2		S02	1	1	S03	1	1				2	2		
1.02.10	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN LOSA	PTO		S02	1	1	S03	1	1				2	2		
1.02.11	ACERO HORIZONTAL / LOSAS	KG		S02	1	1	S03	1	1				2	2		
1.02.12	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	M3		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	3		
PISO 5																
1.02.01	ACERO EN VERTICAL	KG		S02	1	1	S03	1	1				2	1		
1.02.02	TRAZO PARA VERTICALES	GLB		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	3		
1.02.03	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN MUROS	PTO		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	3		
1.02.04	ENCOPRADO DE VERTICALES	M2		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	3		
1.02.05	CONCRETO EN VERTICALES	M3		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	3		
1.02.06	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS	ML		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	3		
1.02.07	ACERO EN VIGAS	KG		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	3		
1.02.08	ENCOPRADO HORIZONTAL / VIGAS / LOSAS	M2		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	3		
1.02.09	COLOCACION DE PRELOSA	M2		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	2	SC	Falta personal subcontrata de carpinteria
1.02.10	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN LOSA	PTO		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	2	ACT PRE	Retraso de actividades
1.02.11	ACERO HORIZONTAL / LOSAS	KG		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	3	2	ACT PRE	
1.02.12	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	M3		S01	1	1	S02	1	1	S03	1	1	2	1	ACT PRE	
PISO 6																
1.02.01	ACERO EN VERTICAL	KG					S01	1	1	S02	1	1	2	2		
1.02.02	TRAZO PARA VERTICALES	GLB					S01	1	1	S02	1	1	1	1		
1.02.03	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS EN MUROS	PTO					S01	1	1	S02	1	1	1	1		
1.02.04	ENCOPRADO DE VERTICALES	M2					S01	1	1	S02	1	1	1	1		
1.02.05	CONCRETO EN VERTICALES	M3					S01	1	1	S02	1	1	1	1		
ANALISIS DE LA CONFIABILIDAD (EN %)												52.00	47.00			
												90%				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Resumen semanal del PPC proyecto plaza cuba semana 23

RESUMEN PPC							Código:	ISM_RPPC_01
							Versión:	01
							Fecha:	3/07/2020
							Páginas:	1 de 1
PROYECTO SEMANA	:EDIFICIO MULTIFAMILIAR PLAZA CUBA :23		ELABORADO POR FECHA	:ELVIS ESPINOZA MENDOZA :11/10/20				
PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS								
Semanas	Actividades Programadas	Actividades Completadas	%PAC Semanal	%PAC Acumulada	Comentario del % PAC			
16	57	49	86%	86%	Bueno	86%	87%	86%
17	55	48	87%	87%	Bueno	87%	87%	86%
18	44	37	84%	86%	Bueno	84%	86%	86%
19	38	32	84%	86%	Bueno	84%	86%	86%
20	50	43	86%	86%	Bueno	86%	86%	86%
21	49	43	88%	86%	Bueno	88%	86%	86%
22	51	45	88%	86%	Bueno	88%	86%	86%
23	52	47	90%	87%	Bueno	90%	87%	87%
Calificación	Comparativo	% PAC						
Bueno	mas de	80%						
Regular	Entre	65% - 80%						
Malo	menos de	60%						

Fuente: Elaboración propia.

4.1.11. Causas de incumplimiento en el proyecto

Este análisis consiste en identificar las causas o razones de no cumplimiento de las actividades programadas en el plan semanal llevando también un control estadístico de las mismas.

Los responsables de identificar las causas de no cumplimiento en el proyecto Multifamiliar Plaza cuba son los ingenieros de campo quienes los consolidan a través del jefe de control de programación u oficina técnica.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. Edificio Multifamiliar Plaza Cuba

5.1.1. Porcentaje de Plan Cumplido, Cumplimiento de Plazos

Según Choekwanka y Sotomayor (2018), "el porcentaje de finalización del plan está directamente relacionado con el progreso físico de la obra, y esto se consigue dividiendo la obra finalizada entre la obra programada" (p. 59).

Del mismo modo, sólo se contabiliza el 100% de las tareas completadas; los avances parciales en estas tareas no se contabilizan. Hay que tener en cuenta que la información contenida en el calendario semanal debe ser específica y cuantificable.

En cuanto al análisis de cumplimiento, se considera que la semana 16 (17/8/2020) comenzó cuando el Último Planificador aún estaba implementado en la planta y terminó en la semana 34 (26/12/2020) cuando se completó la superestructura. El PPC se calcula de la siguiente manera:

$$PPC (\%) = \frac{\text{Cantidad de actividades culminadas}}{\text{Cantidad de actividades programadas}} * 100\%$$

Tabla 6: *Resumen del Porcentaje del Plan Cumplido con el LPS*

Semanas	Actividades Programadas	Actividades No Programadas	Actividades Completadas	% PPC Semanal
16	57	8	49	86%
17	55	6	49	89%
18	44	7	37	84%
19	38	6	32	84%
20	50	7	43	86%
21	49	6	43	88%
22	51	6	45	88%
23	52	5	47	90%
24	54	2	52	96%
25	55	4	51	93%
26	53	6	47	89%
27	52	6	46	88%
28	55	6	49	89%
29	49	6	43	88%
30	50	6	44	88%
31	53	7	46	87%
32	48	6	42	88%
33	52	5	47	90%
34	54	6	48	89%
Promedio	971	111	860	88%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: *Cuadro comparativo para el cumplimiento de plazos*

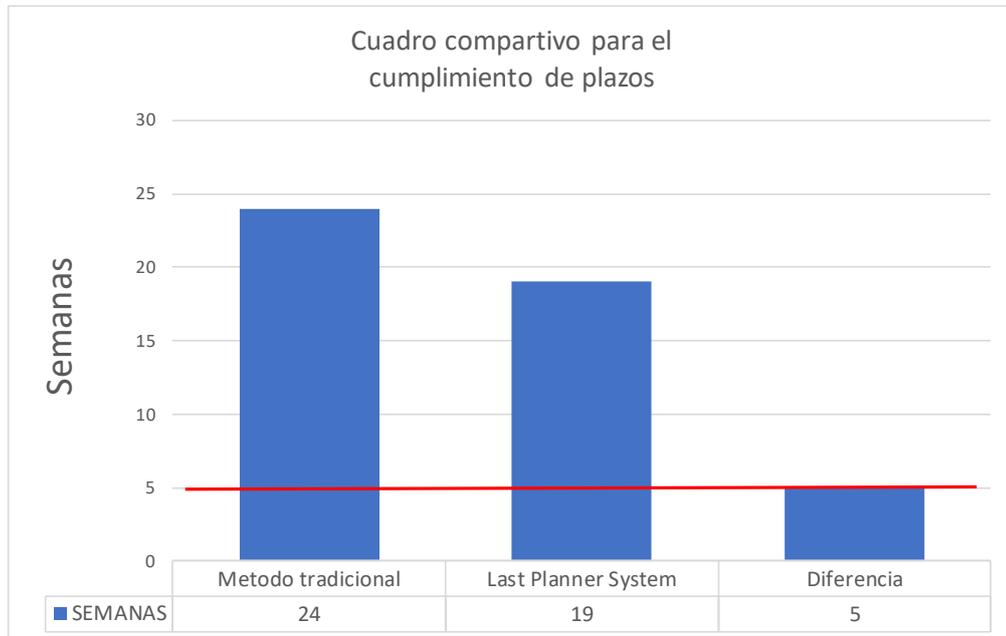
Tiempo de ejecución del proyecto fase Estructura	Escenario con la propuesta realizada
Uso del Last Planner System	19 semanas
Método tradicional	24 semanas
Diferencia de semanas	20.83%

Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de los resultados obtenidos la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C. debe optar por la propuesta de mejora con el uso del Last Planner System,

ya que con este su variación con respecto al cumplimiento de plazos para el proyecto Plaza Cuba reduce en un 20.83%.

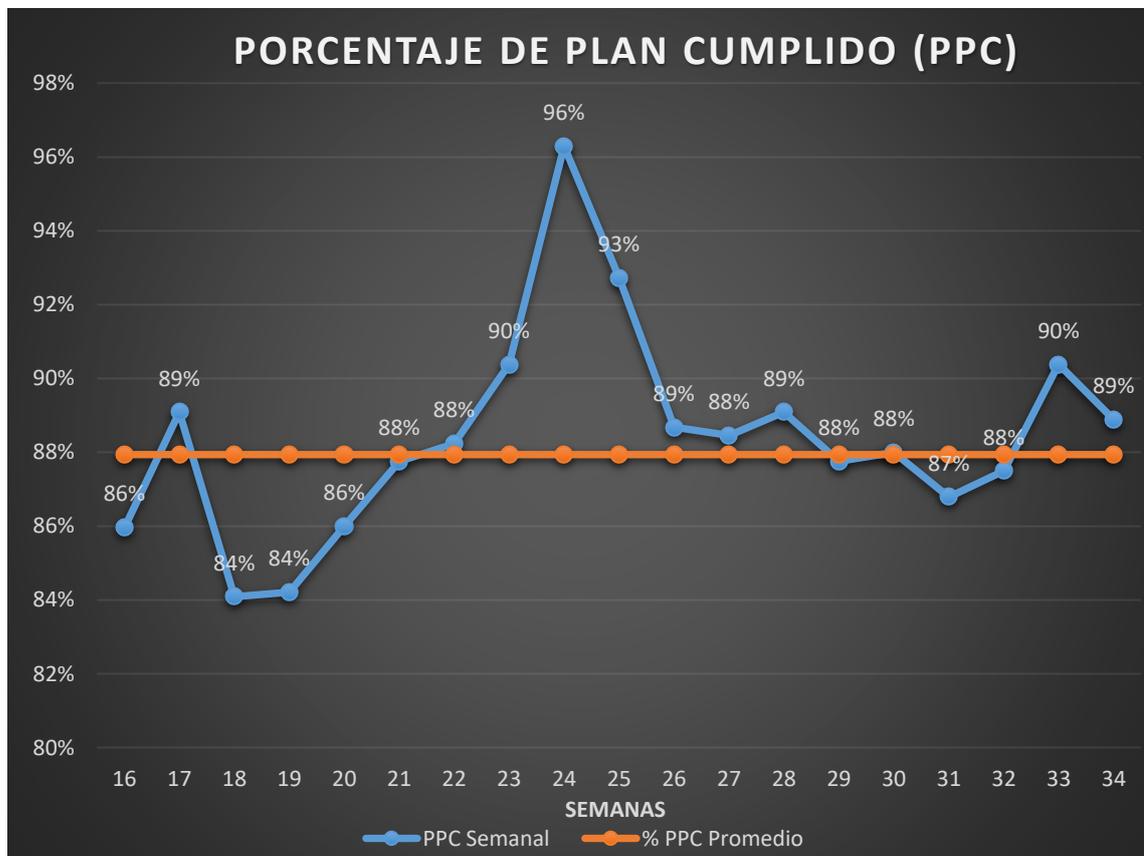
Figura 27: Comparativa entre el uso del Last Planner System y el método tradicional



Fuente: Elaboración propia.

El promedio de actividades cumplidas da un total de 88% durante la ejecución de toda la obra civil del proyecto Edificio Multifamiliar Plaza Cuba. En el gráfico se puede ver la evolución de la curva versus la media de avance.

Figura 28: Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)



Fuente: Elaboración propia.

Con base a lo anterior se puede mostrar lo siguiente:

- El Porcentaje de Plan Cumplido durante las primeras semanas están por debajo del promedio (88%), con excepción la semana 17 y 21, esto es debido a que todavía no se realizaba la implementación del Sistema Last Planner, es decir existía una mala planificación de la obra y falta de control de avance. Desde la semana 22 se obtuvieron buenos resultados en el PPC mayores al 88%, lo que indica que se tuvo una buena liberación de restricciones y una adecuada implementación de todos los niveles de planificación y programación de obra.

- El PPC no era constante durante toda la ejecución del proyecto, pero aumentó de manera considerable durante el avance de las semanas, a causa de que se tenía un mayor control de las actividades a realizar, debido a que no había restricciones que pudieran detener el avance programado.

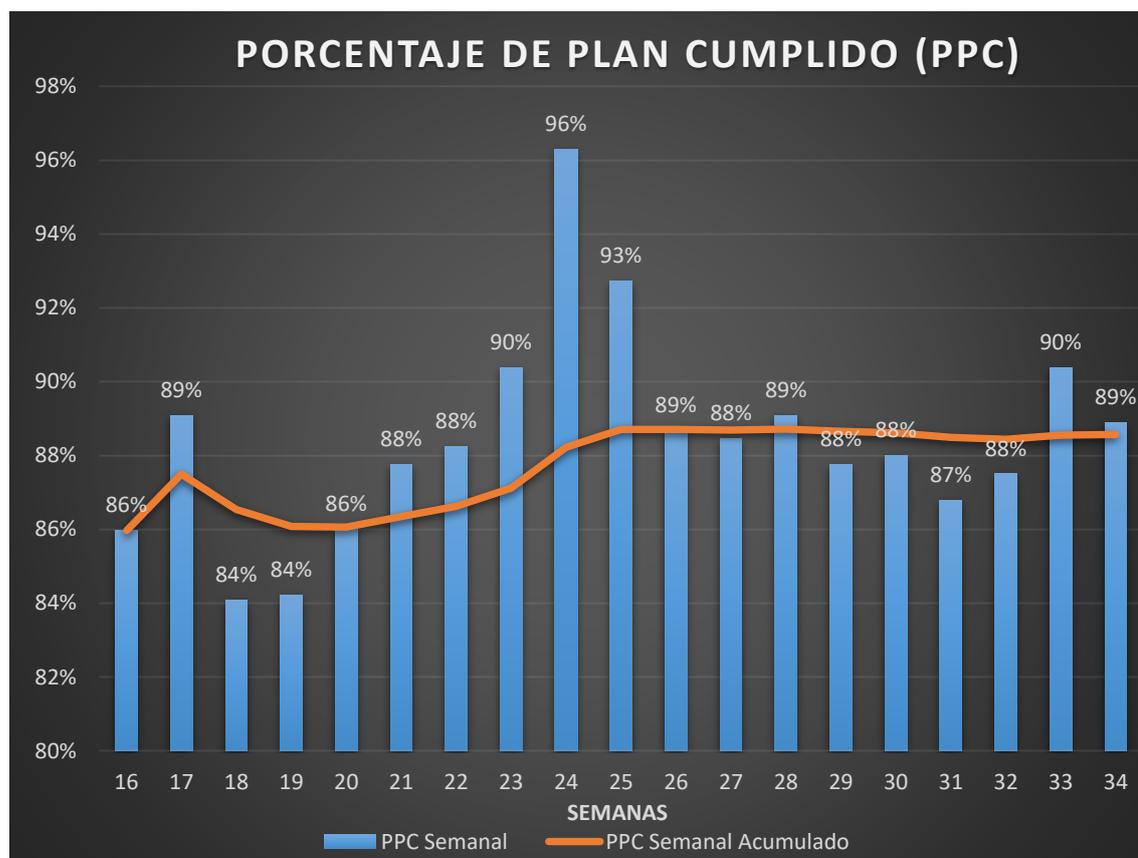
Tabla 8: *Resumen Porcentaje de Plan Cumplido Acumulado*

Semanas	Actividades Programadas	Actividades No Programadas	Actividades Completadas	% PPC Semanal	% PPC Acumulado
16	57	8	49	86%	86%
17	55	6	49	89%	87%
18	44	7	37	84%	86%
19	38	6	32	84%	86%
20	50	7	43	86%	86%
21	49	6	43	88%	86%
22	51	6	45	88%	86%
23	52	5	47	90%	87%
24	54	2	52	96%	88%
25	55	4	51	93%	89%
26	53	6	47	89%	89%
27	52	6	46	88%	89%
28	55	6	49	89%	89%
29	49	6	43	88%	89%
30	50	6	44	88%	88%
31	53	7	46	87%	88%
32	48	6	42	88%	88%
33	52	5	47	90%	88%
34	54	6	48	89%	88%

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 8, el Porcentaje de Plan Cumplido acumulado señala que el control de actividades durante la ejecución del proyecto fue creciente, lo que a su vez demuestra que la aplicación del Last Planner System mejora la planificación de las actividades programadas durante el avance de las semanas, esto se puede observar en la figura 11.

Figura 29: Porcentaje de Plan Cumplido acumulado (PPC acumulado)



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar una curva de avance acumulado, el cual nos indica el comportamiento y mejora del cumplimiento de las actividades programadas según el rendimiento a lo largo de la ejecución de la obra. Al finalizar estas 19 semanas se obtuvo 88%.

5.1.1.1. Causas de No Cumplimiento

Tucto (2017) señala que “conocer las causas de incumplimiento y registrarlas es importante para la mejora continua e intentar evitarlas en futuros proyectos. Además, la identificación de la fuente enseña una lección sobre el problema y cómo afrontarlo. Para ello, intente identificar las causas del incumplimiento para que pueda beneficiarse de esta actividad en las próximas semanas” (p. 58).

A continuación, se describirán las Causas de Incumplimiento presentado en todo proyecto inmobiliario:

A. Programación (PROG)

Todas las causas que implican:

- Errores o cambios en la programación.
- Inadecuada utilización de las Herramientas de Programación.
- Mala asignación de recursos.
- Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.

B. Logística (LOG)

Todas las causas que implican:

- Falta de equipos (LOG EQ)
- Herramientas o materiales en obra (LOG MAT)
- Personal (LOG PER), que han sido requeridos oportunamente por producción.

C. Control de Calidad (QA/QC)

Todas las causas que implican:

- La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc).
- Cambios o errores en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.

D. Externos (EXT)

Todas las causas que implican:

- Retrasos por razones climáticas extraordinarias.
- Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.

E. Cliente/Supervisión (CLI)

Todas las causas que implican:

- Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc).

F. Errores de Ejecución (EJEC)

Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrabajos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.

G. Subcontratas (Sc)

En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.

H. Equipos (EQ)

Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.

I. Administrativos (ADM)

Todas las causas que implican:

- No llegada del personal especializado (incluidos subcontratos).
- Falta de permisos y licencias.

Tabla 9: Cuadro de las Causas de No cumplimiento

Semanas	Causas de No Cumplimiento																		Total
	PROG		LOG		QA/QC		EXT		CLI		EJEC		SC		EQ		ADM		
16	2	18%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	4	36%	2	18%	0	0%	3	27%	11
17	1	14%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	4	57%	1	9%	0	0%	1	9%	7
18	1	14%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	43%	2	18%	0	0%	1	9%	7
19	1	14%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	43%	2	18%	0	0%	1	9%	7
20	3	38%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	25%	1	9%	0	0%	2	18%	8
21	1	20%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	60%	0	0%	0	0%	1	9%	5
22	1	13%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	4	50%	2	18%	0	0%	1	9%	8
23	1	17%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	50%	1	9%	0	0%	1	9%	6
24	2	33%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	33%	0	0%	0	0%	2	18%	6
25	1	20%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	20%	2	18%	0	0%	1	9%	5
26	2	33%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	33%	1	9%	0	0%	1	9%	6
27	1	20%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	40%	1	9%	0	0%	1	9%	5
28	1	20%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	60%	0	0%	0	0%	1	9%	5
29	2	29%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	29%	1	9%	0	0%	2	18%	7
30	1	14%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	4	57%	1	9%	0	0%	1	9%	7
31	1	17%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	33%	2	18%	0	0%	1	9%	6
32	1	25%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	25%	1	9%	0	0%	1	9%	4
33	2	33%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	33%	1	9%	0	0%	1	9%	6
34	1	25%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	25%	1	9%	0	0%	1	9%	4
Total	26	22%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	48	40%	22	18%	0	0%	24	20%	120

Fuente: Elaboración propia.

Las Causas de No Cumplimiento más frecuentes después de estas 19 semanas (Tabla 8) se observa un porcentaje alto de la CNC por parte de los Errores de ejecución, llegando a 40%, los motivos de estos son los retrasos de actividades por los errores presentados en el proceso constructivo (retrabajos).

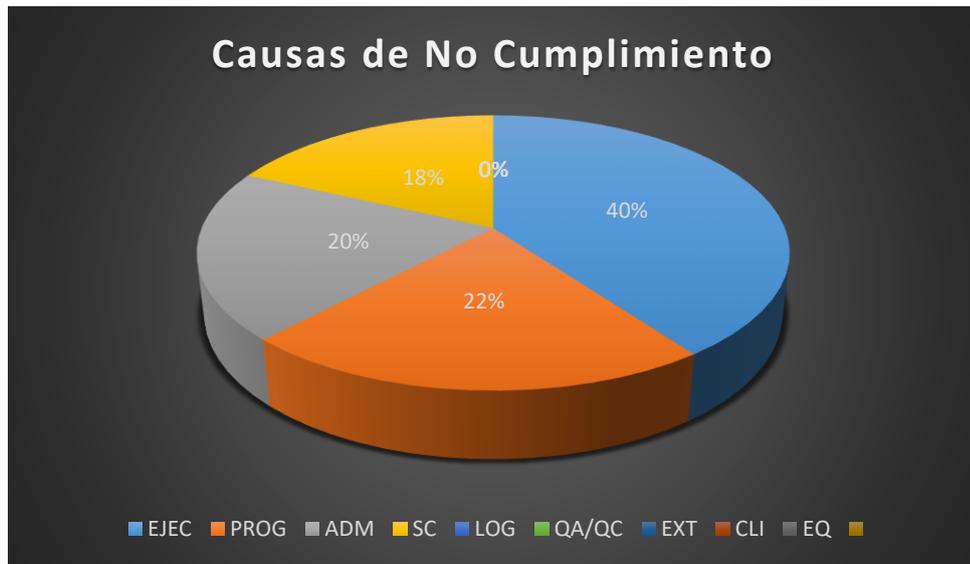
Por otro lado, otro CNC como la Programación llega a los 22%, debido a la mala asignación de recursos, falta de materiales y de errores en la programación.

Los cuellos de botella de materiales debidos a una programación inadecuada pueden provocar el desaprovechamiento de los recursos humanos, ya que el equipo tiene que esperar la llegada de los materiales para continuar el trabajo de acuerdo con el plan del proyecto. Además, estos retrasos que tienen el trabajo principalmente en la oficina, ya que es responsable de mantener todos los registros de materiales de los que entran y salen de trabajo, por lo tanto, es una posición de alta confianza que no puede dejar de trabajar durante toda la duración del proyecto inmobiliario.

Además, el porcentaje de subcontratación alcanza el 18% debido a la escasez de personal, la falta de subcontratistas y los retrasos en la presentación de documentos por parte de los contratistas para registrar el trabajo. La falta de personal puede manifestarse en la programación por el bajo progreso semanal, esto se debe a la necesidad de mano de obra cualificada y no cualificada o de jornaleros. Como el edificio está dividido en secciones y éstas tienen que avanzar simultáneamente, por esta razón la necesidad de personal cualificado es constante.

Por último, el CSC administrativo representa el 20%, debido a los retrasos en los trámites administrativos con el ayuntamiento al inicio del proyecto y a los retrasos en los contratos con los subcontratistas.

Figura 30: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento

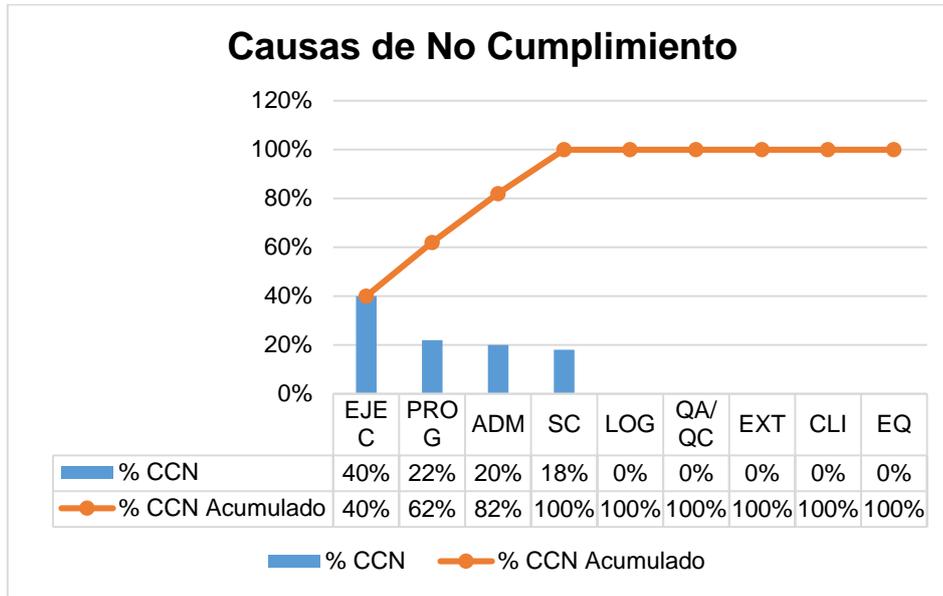


Fuente: Elaboración propia.

Para saber de una forma más acertada cuales fueron las causas de no cumplimiento predominantes, en la siguiente figura 12, resulta evidente ver cuáles son las más frecuentes en el proyecto inmobiliario, los cuales son los Errores de ejecución (50%), Programación (27%) y los Subcontratas (23%), el cual suman el 100% entre los 3.

A continuación, se muestra un diagrama de Pareto final para el período de enero a diciembre de 2020, que muestra que, en general, algunas causas (20%) causan la mayoría de los problemas (80%), lo que nos permite identificar y priorizar las causas que afectan al problema. Mediante un diagrama, es posible identificar, en orden descendente, los aspectos que se presentan con mayor frecuencia (casos más frecuentes), en nuestro caso en el proyecto inmobiliario Edificios de Apartamentos Plaza Cuba.

Figura 31: Diagrama de Pareto de las Causas de No Cumplimiento



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que las principales causantes de no cumplimiento en la obra son:

- Errores de ejecución (EJEC)
- Programación (PROG)

Estas son las causas que están ocasionando cerca del 80 % de los defectos en este proceso, por lo que los esfuerzos destinados a mejorarlo deberían concentrarse en estos dos aspectos.

5.1.2. Cumplimiento de actividades programadas según rendimiento

Figura 32: Análisis para la partida de encofrado en verticales

DATOS					Cálculo de cuadrillas por productividad											Cálculo de cuadrilla por ratio					
ACTIVIDAD	METRADO POR PISO TÍPICO	UND	SECTORES / PROMEDIO	NÚMERO DE OBREROS POR CUADRILLA	Rendimiento (und/día)	Número de días	Número de horas	Horas diarias por número de cuadrillas						Número de cuadrillas a usar	Ratio	Número de horas hombre	jornada (HH)	Número de trabajadores	Número de cuadrillas a usar		
								1	2	3	4	5	6								
Encofrado vertical	306.99	m2	102.33	2	25	4.1	39.3	39.3	19.6	13.1	9.8	7.9	6.5	5	0.77	78.6	9.6	8.2	8	4	
Vaciado vertical	45.50	m3	15.17	2	30	0.5	5.1	5.1	2.5	1.7	1.3	1.0	0.8	1	0.64	9.7	9.6	1.0	1	1	
Encofrado horizontal vigas	129.17	m2	43.06	2	10	4.3	41.3	41.3	20.7	13.8	10.3	8.3	6.9	5	1.92	82.7	9.6	8.6	8	4	
Encofrado horizontal losa	271.54	m2	90.51	2	30	3.0	30.2	30.2	15.1	10.1	7.5	6.0	5.0	4	0.64	57.9	9.6	6.0	6	3	
Vaciado horizontal	60.00	m3	20.00	5	60	0.3	3.3	3.3	1.7	1.1	0.8	0.7	0.6	1	0.80	16.0	9.6	1.7	2	1	
Acero vertical	7548.35	kg	2516.12	2	420	6.0	59.9	59.9	30.0	20.0	15.0	12.0	10.0	7	0.05	115.0	9.6	12.0	12	6	
Acero horizontal	5867.25	kg	1955.75	2	350	5.6	55.9	55.9	27.9	18.6	14.0	11.2	9.3	7	0.05	107.3	9.6	11.2	11	5	
																		22.8	22.0		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33: Programación a tres días vs sistema tradicional a cuatro días

3 SECTORES			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3
7:00 - 7:30 am	TRAZO PARA VERTICALES		
7:30 - 8:00 am	II.EE, II.SS EN PLACAS Y COLUMNAS	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS	COLOCACION DE PRELOSA
8:30 - 9:00 am	ENCOFRADO DE VERTICALES	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS	COLOCACION DE PRELOSA
9:00 - 9:30 am	ENCOFRADO DE VERTICALES	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS	COLOCACION DE PRELOSA
9:30 - 10:00 am	ENCOFRADO DE VERTICALES	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS	COLOCACION DE PRELOSA
10:00 - 10:30 am	ENCOFRADO DE VERTICALES	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS	II.EE, II.SS EN LOSA + ACERO EN VETICALES
10:30 - 11:00 am	ENCOFRADO DE VERTICALES	FONDO DE VIGAS + 1/2 COSTADO DE VIGAS	II.EE, II.SS EN LOSA + ACERO EN VETICALES
11:00 - 11:30 pm	ENCOFRADO DE VERTICALES	ACERO EN VIGAS	II.EE, II.SS EN LOSA + ACERO EN VETICALES
11:30 - 12:00 pm	ENCOFRADO DE VERTICALES	ACERO EN VIGAS	II.EE, II.SS EN LOSA + ACERO EN VETICALES
12:00 - 12:30 pm	ENCOFRADO DE VERTICALES	ACERO EN VIGAS	ACERO VERTICAL
12:30 - 1:00 pm	ARMADO DE ANDAMIO		ACERO VERTICAL
1:00 - 1:30 pm	CONCRETO EN VERTICALES	ACERO EN VIGAS	ACERO HORIZONTAL
1:30 - 2:00 pm	CONCRETO EN VERTICALES	ACERO EN VIGAS	ACERO HORIZONTAL
2:00 - 2:30 pm	CONCRETO EN VERTICALES	ACERO EN VIGAS	ACERO HORIZONTAL
2:30 - 3:00 pm	CONCRETO EN VERTICALES	1/2" COSTADO + ENC. HORIZONTAL	ACERO HORIZONTAL
3:00 - 3:30 pm		1/2" COSTADO + ENC. HORIZONTAL	CONCRETO EN LOSAS
3:30 - 4:00 pm		1/2" COSTADO + ENC. HORIZONTAL	CONCRETO EN LOSAS
4:00 - 4:30 pm		1/2" COSTADO + ENC. HORIZONTAL	CONCRETO EN LOSAS
4:30 - 5:00 pm		1/2" COSTADO + ENC. HORIZONTAL	CONCRETO EN LOSAS
5:00 - 5:30 pm		ACERO VERTICAL	CONCRETO EN LOSAS

4 SECTORES							
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4		
07:30	08:00	ENCOFRADO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO VIGAS 1	ACERO LOSA	VIGUETAS / BOVEDILLAS	IIIEE/IISS
08:00	09:00	ENCOFRADO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO VIGAS 1	ACERO LOSA	VIGUETAS / BOVEDILLAS	IIIEE/IISS
09:00	10:00	ENCOFRADO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO VIGAS 1	ACERO LOSA	VIGUETAS / BOVEDILLAS	VACIADO LOSA
10:00	11:00	ENCOFRADO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO VIGAS 1 /LOSA	ACERO LOSA	VIGUETAS / BOVEDILLAS	VACIADO LOSA
11:00	12:00	ENCOFRADO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO VIGAS 1 /LOSA	IISS/ IIIEE	VIGUETAS / BOVEDILLAS	VACIADO LOSA
12:00	13:00						
13:00	14:00	ENCOFRADO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO LOSA + VIGAS	IISS/ IIIEE	ACERO LOSA	VACIADO LOSA
14:00	15:00	CONCRETO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO LOSA + VIGAS	IISS/ IIIEE	ACERO LOSA	
15:00	16:00	CONCRETO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO LOSA/INST. VIGUETAS	IISS/ IIIEE	ACERO LOSA	
16:00	17:00	CONCRETO VERTICAL	ACERO VIGAS	ENCOFRADO LOSA/INST. VIGUETAS	IISS/ IIIEE	ACERO LOSA	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Cuadro comparativo para el vaciado de losa de un sector

Tiempo de ejecución para el vaciado de losa de un sector	Escenario con la propuesta realizada
Actividades Programadas según Rendimiento	3 días
Método tradicional	4 días
Diferencia en tiempo	25.00%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34: Tareo semanal de hh de encofrado en verticales

TAREO DE PERSONAL ENCOFRADO DE PLACAS Y COLUMNAS															
ITE	DESCRIPCION DE TAREAS / CANTIDAD	SECT	CANT	UND	PROYECTO										
1.0	METRADO VERTICALES SECTOR 1	S1	115.70	M2	Edificio Multifamiliar - Plaza Cuba										
2.0	METRADO VERTICALES SECTOR 2	S2	104.73	M2	Av. Cuba 1255 - Jesus Maria										
3.0	METRADO VERTICALES SECTOR 3	S3	86.56	M2	FECHA : Oct-20										
SEMANA 24 (12.10 AL 17.10)															
COD.	NOMBRES Y APELLIDOS	CAT	Lunes 12-Oct		Martes 13-Oct		Miercoles 14-Oct		Jueves 15-Oct		Viernes 16-Oct		Sabado 17-Oct		D
			HH	S.P	HH	SECT	HH	SECT	HH	SECT	HH	SECT	HH	SECT	
1.0	OPERARIO 1	OPE	8.0	S3P6	8.0	S1P7	8.0	S2P7	8.0	S3P7	8.0	S1P8	8.0	S2P8	
2.0	OPERARIO 2	OPE	8.0	S3P6	8.0	S1P7	8.0	S2P7	8.0	S3P7	8.0	S1P8	8.0	S2P8	
3.0	OPERARIO 3	OPE	8.0	S3P6	8.0	S1P7	8.0	S2P7	8.0	S3P7	8.0	S1P8	8.0	S2P8	
4.0	OPERARIO 4	OPE	8.0	S3P6	8.0	S1P7	8.0	S2P7	8.0	S3P7	8.0	S1P8	8.0	S2P8	
5.0	AYU 1	PE	8.0	S3P6	8.0	S1P7	8.0	S2P7	8.0	S3P7	8.0	S1P8	8.0	S2P8	
6.0	AYU 2	PE	8.0	S3P6	8.0	S1P7	8.0	S2P7	8.0	S3P7	8.0	S1P8	8.0	S2P8	
7.0	AYU 3	PE	8.0	S3P6	8.0	S1P7	8.0	S2P7	8.0	S3P7	8.0	S1P8	8.0	S2P8	
8.0	AYU 4	PE	8.0	S3P6	8.0	S1P7	8.0	S2P7	8.0	S3P7	8.0	S1P8	8.0	S2P8	
9.0	AYU 5 (apoyo)	PE	5.0	S3P6	5.0	S1P7	5.0	S2P7	5.0	S3P7	5.0	S1P8	5.0	S2P8	
15.0	TOTAL HORAS HOMBRE (HH)		-414.00		69.00		69.00		69.00		69.00		69.00		
	TOTAL METRADO (M2)		613.98		86.56		115.70		104.73		86.56		115.70		
	RENDIMIENTO POR PAREJA (M2)		25.58		21.64		28.93		26.18		21.64		28.93		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 35: Curva de productividad

ENCOFRADO DE PLACAS Y COLUMNAS												
	Sem 23	Sem 24	Sem 25	Sem 26	Sem 27	Sem 28	Sem 29	Sem 30	Sem 31	Sem 32	Sem 33	Sem 34
HH Semanal	415.0	414.0	419.0	410.0	420.0	424.0	420.0	425.5	419.0	418.0	423.0	308.0
Avance Semanal m2	614.0	604.6	595.2	575.0	585.2	620.0	590.0	618.0	618.0	618.0	612.0	430.0
HH Acumulado	415.00	829.00	1248.00	1658.00	2078.00	2502.00	2922.00	3347.50	3766.50	4184.50	4607.50	4915.50
Avance Acumulado m2	613.98	1218.59	1813.83	2388.83	2974.03	3594.03	4184.03	4802.03	5420.03	6038.03	6650.03	7080.03
Rendimiento Semanal	0.68	0.68	0.70	0.71	0.72	0.68	0.71	0.69	0.68	0.68	0.69	0.72
Rendimiento Acumulado	0.676	0.680	0.688	0.694	0.699	0.696	0.698	0.697	0.695	0.693	0.693	0.694
HH ganadas / Perdida a la fecha	88.464	170.244	239.341	300.841	360.705	445.105	508.905	590.165	677.925	766.685	845.525	890.125
HH ganadas/ Perdidas a fin de Obra	1033.070	1001.689	946.104	902.964	869.612	887.973	872.089	881.186	896.807	910.418	911.637	901.436
Rendimiento presupuesto	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820
Comentarios												

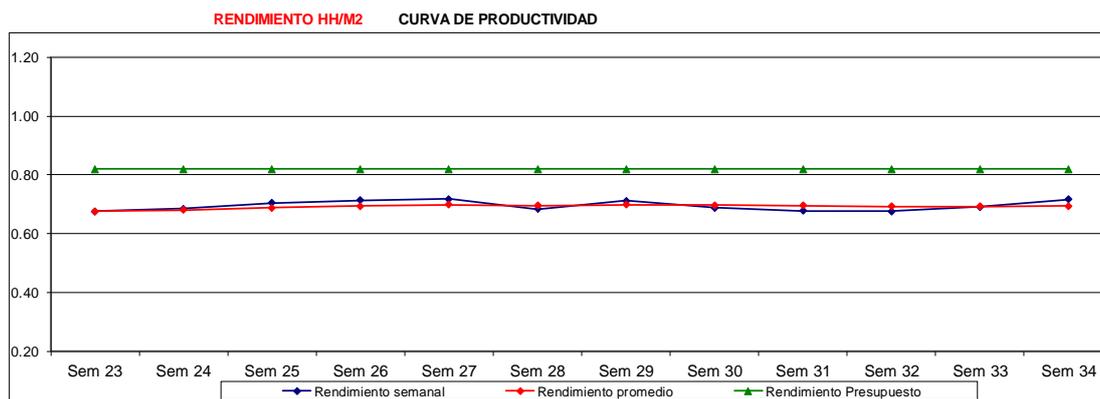
DATOS DEL PRESUPUESTO		
IP	0.820	hh/m2
Metrado	7170.00	m2
Mano obra total	36670.66	US\$
Total HH	5879.40	HH
Costo HH prom	6.24	US\$
Avan acumulado	7080.03	m2
Δ metrado	89.97	m2

Nombre de la partida:

Encofrado y Desencofrado de Placas y Columnas

Comentarios:

- 1.- IP promedio - 0.70 hh/m2
- 2.-
- 3.-
- 4.-
- 5.-
- 6.-



Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de los resultados obtenidos la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C. debe optar por la propuesta de mejora con el uso del Last Planner System, ya que con este su variación con respecto al cumplimiento de las actividades programadas

según el rendimiento reduce en tiempo un 25.00% con respecto al sistema tradicional; asimismo haciendo el uso de las curvas de productividad se obtuvo un ahorro en costo del 14.6% con respecto al Índice de productividad meta correspondiente a la partida de encofrado en verticales.

5.1.3. Carta Balance

La Carta Balance es una herramienta que nos permite a realizar un diagnóstico de cómo se distribuyen los tiempos del personal que constituyen una cuadrilla de trabajo, dentro de una actividad específica en un proyecto inmobiliario.

De acuerdo a esta metodología, cualquier tipo de trabajo se ubica dentro de esta clasificación:

- **Trabajo Productivo:** Todo aquel trabajo que aporta directamente al avance físico del proyecto.
- **Trabajo Contributorio:** todo aquel trabajo que aporta indirectamente al avance físico del proyecto.
- **Trabajo No Contributorio:** Todo aquel trabajo que NO aporta al avance físico del proyecto.

Por ello es que se realiza una Carta Balance de los trabajos asociados a la ejecución de una partida en específico. Para nuestro caso se evaluará una partida, la cual es el Vaciado del concreto para superficies horizontales en el piso 6 (Sector 03) el cual será realizado por una cuadrilla conformado por 6 personas (Operario 1, Operario 2, Ayudante 1, Ayudante 2, Ayudante 3 y Rigger 1).

En esta partida se identificarán los trabajos según su característica productivo, contributorio y no contributorio; por último, se empleará la herramienta Carta Balance para evaluar la actividad.

Tabla 11: Datos generales para la carta balance

CARTA BALANCE

Partida			
Cargo	Nombre	Cargo	Nombre
Operario	operario 1	Rigger	Rigger 1
Operario	operario 2		
Ayudante	ayudante 1		
Ayudante	ayudante 2		
Ayudante	ayudante 3		

Obra	Residencial Plaza cuba
Calle	Av. Cuba 1255
Actividad	Vaciado de Horizontales -Piso 6 -S03
Descripción	Vaciado concreto con torre grua

Fecha	14/10/2020
-------	------------

Tiempo de Espera	1
------------------	---

Trabajo Productivo	
1	Manejo de Manguera
2	Vibrado de Concreto
3	Acabado de Losa
4	Reglear
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Trabajo Contributorio	
11	Instrucciones
12	Lampear
13	Traslado de Manguera
14	Nivel
15	Traslado de Materiales
16	Recepción de balde
17	
18	
19	
20	

Trabajo No Contributorio	
21	Esperas y Descanso
22	Simulación de Trabajo
23	Viajes
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Plaza cuba - Av. Cuba 1255

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Tiempos para el diagnóstico de cada personal

1.- DATOS - TIEMPO										
Operario 1	Operario 2	Ayudante 1	Ayudante 2	Ayudante 3	Rigger 1					Tiempo Promedio (min)
Rosado	Azul	Amarillo	Naranja	Rojo	Morado					
1	4	15	21	23	2	21				1.00
2	4	4	1	21	2	21				1.00
3	4	12	21	12	2	21				1.00
4	4	4	21	12	15	21				1.00
5	4	4	21	21	2	16				1.00
6	4	3	21	23	2	21				1.00
7	4	11	1	12	15	21				1.00
8	4	15	1	12	2	21				1.00
9	4	4	1	12	2	21				1.00
10	12	4	1	12	2	16				1.00
11	12	4	23	12	2	21				1.00
12	12	4	21	21	21	21				1.00
13	12	4	21	12	2	21				1.00
14	12	4	23	12	2	21				1.00
15	12	4	23	12	2	16				1.00
16	12	21	23	21	15	21				1.00
17	14	4	1	21	23	21				1.00
18	4	4	1	12	2	21				1.00
19	4	4	21	12	2	21				1.00
20	4	4	21	12	2	16				1.00
21	4	4	21	12	2	21				1.00
22	4	15	23	22	12	21				1.00
23	21	3	23	12	12	21				1.00
24	14	3	2	22	23	21				1.00
25	4	3	2	12	23	16				1.00
26	4	3	2	12	23	21				1.00
27	15	3	23	15	2	21				1.00
28	4	3	22	12	2	21				1.00
29	4	3	21	12	2	21				1.00
30	4	3	21	12	2	16				1.00
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										

Obra	Residencial Plaza cuba
Actividad	Vaciado de Horizontales -Piso 6 -S03
Fecha	14/10/2020

Trabajo Productivo	
1	Manejo de Manguera
2	Vibrado del Concreto
3	Acabado de Losa
4	Reglear
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Trabajo Contributorio	
11	Instrucciones
12	Lampear
13	Traslado de Manguera
14	Nivel
15	Traslado de Materiales
16	Recepción de balde
17	
18	
19	
20	

Trabajo No Contributorio	
21	Esperas y Descanso
22	Simulación de Trabajo
23	Viajes
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

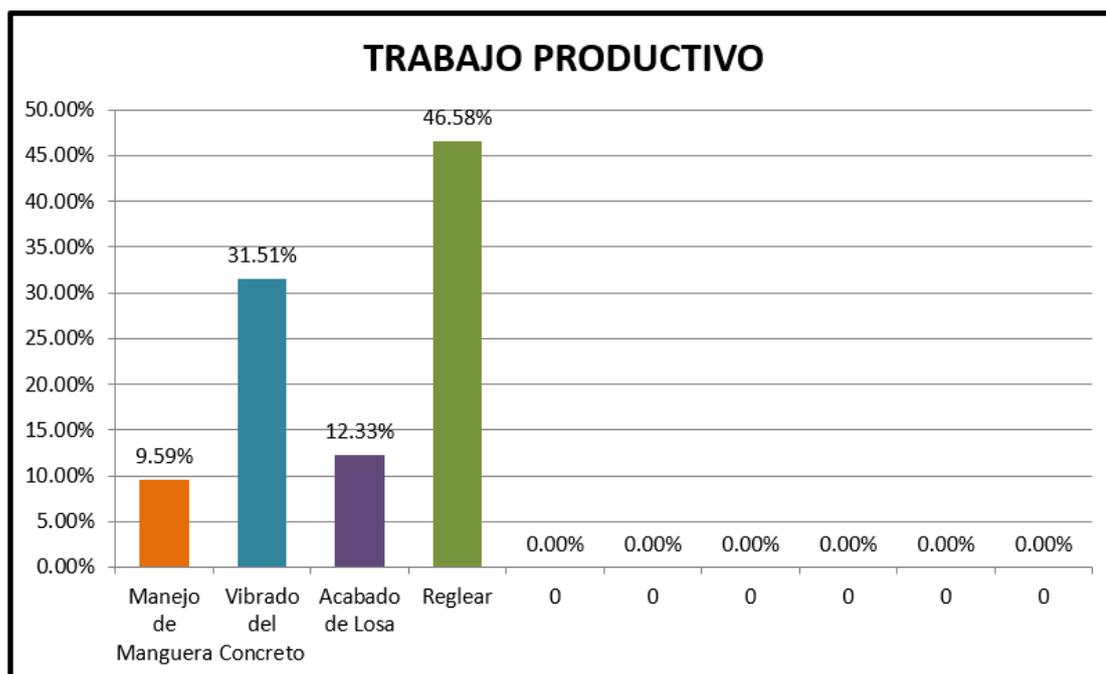
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Trabajo Productivo

Actividad (TP)	40.56%
Manejo de manguera	9.56%
Vibrado del concreto	31.51%
Acabado de losa	12.33%
Reglear	46.58%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 36: Trabajo Productivo



Fuente: Elaboración propia.

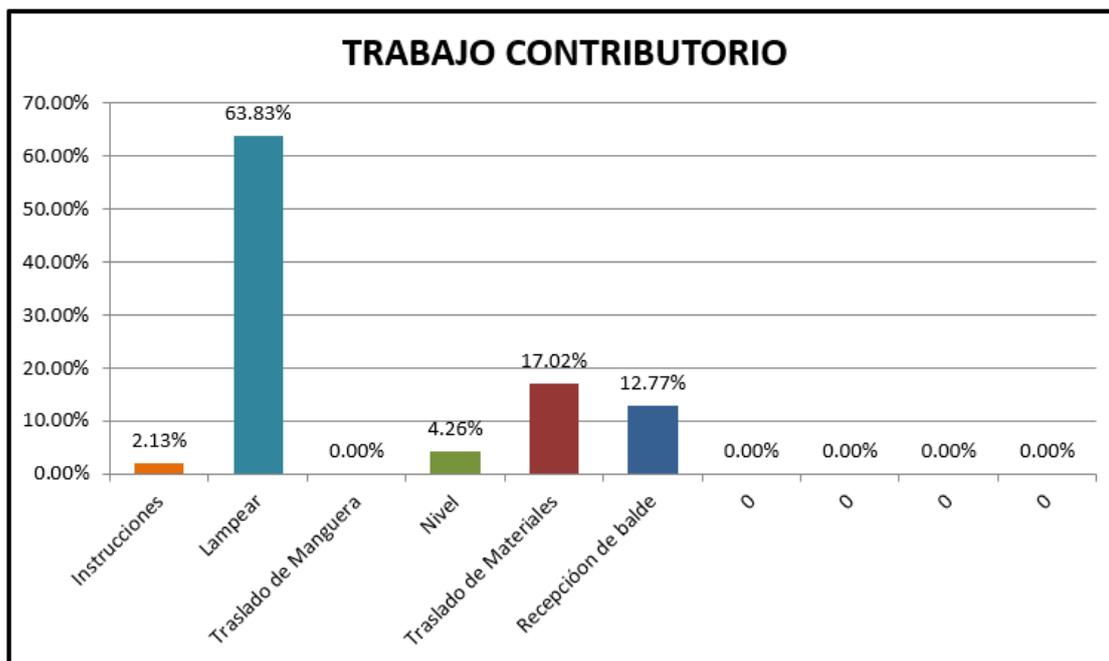
En los trabajos productivos se observa que la actividad con mayor incidencia es la de reglear (46.58%), esto se debe a que el acabado de una superficie mediante el uso de la regla permite el mayor avance físico del proyecto. Por otro lado, la menor incidencia es el manejo de manguera (9.59%). Las actividades productivas representan el 40.56% del total de actividades ejecutadas en una partida.

Tabla 14: Trabajo Contributorio

Actividad (TC)	Porcentaje
Instrucciones	2.13%
Lampear	63.83%
Traslado de Manguera	0%
Nivel	4.26%
Traslado de materiales	17.02%
Recepción de balde	12.77%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 37: Trabajo Contributorio



Fuente: Elaboración propia.

En los trabajos contributorios, el que tiene mayor incidencia es la actividad de lampear el concreto, esta representa el 63.83%, esto indicaría que el concreto no siempre es ubicado en su posición final desde el inicio, sino se mueve de posición para completar lo faltante dentro de los encofrados. En cambio, la actividad con menor incidencia son las instrucciones (2.13%).

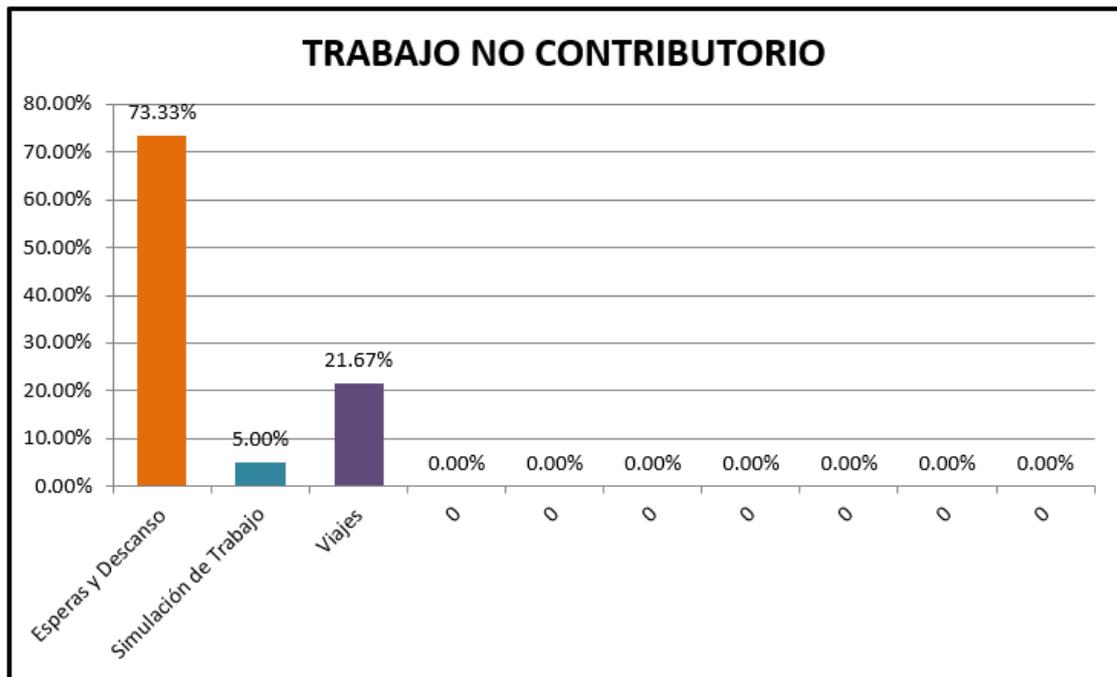
Asimismo, las actividades contributorias representan el 26.11% del total de trabajos realizados en esta partida.

Tabla 15: Trabajo No Contributorio

Actividad (TNC)	33.33%
Esperas y descanso	73.33%
Simulación de trabajo	5%
Viajes	21.67%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 38: Trabajo No Contributorio

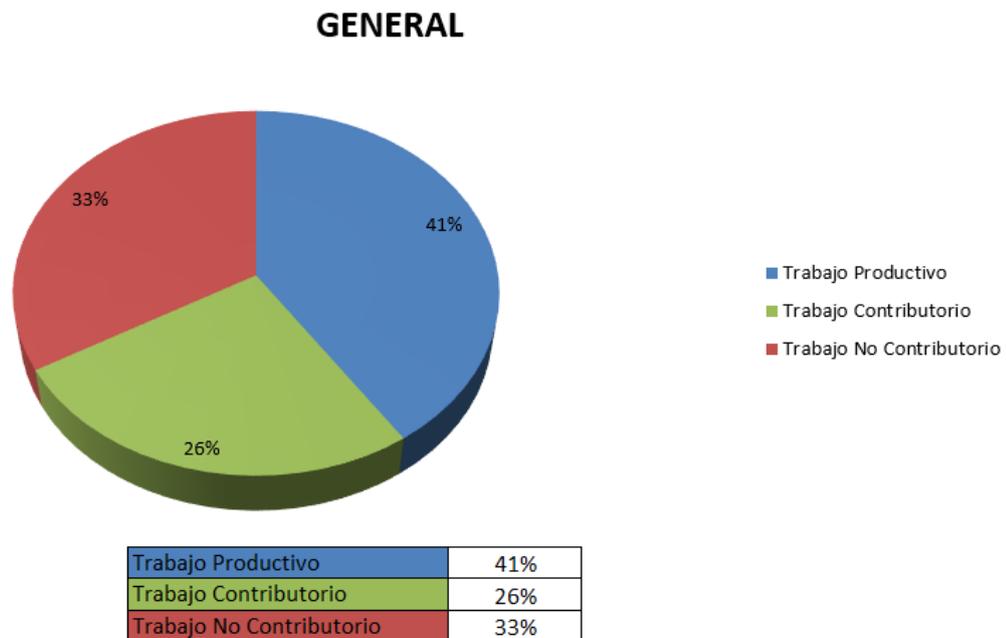


Fuente: Elaboración propia.

En los trabajos no contributivos, el que tiene mayor incidencia es la espera y descanso del personal, esta actividad representa el 73.33%, esto se debe a que los lamperos pueden avanzar más rápido que el vaciado, por lo que constantemente se tienen que detener a esperar. Aparte, los que manejaban la regla avanzaban más lento que el vaciado, por lo que se fue incrementando la cancha que tenían para realizar el regleado. Asimismo, las actividades no contributivas representan el 33.33% del total de trabajos realizados en

esta partida, esto se debe a que hay tiempo muerto entre cada entrega de mezcla de concreto.

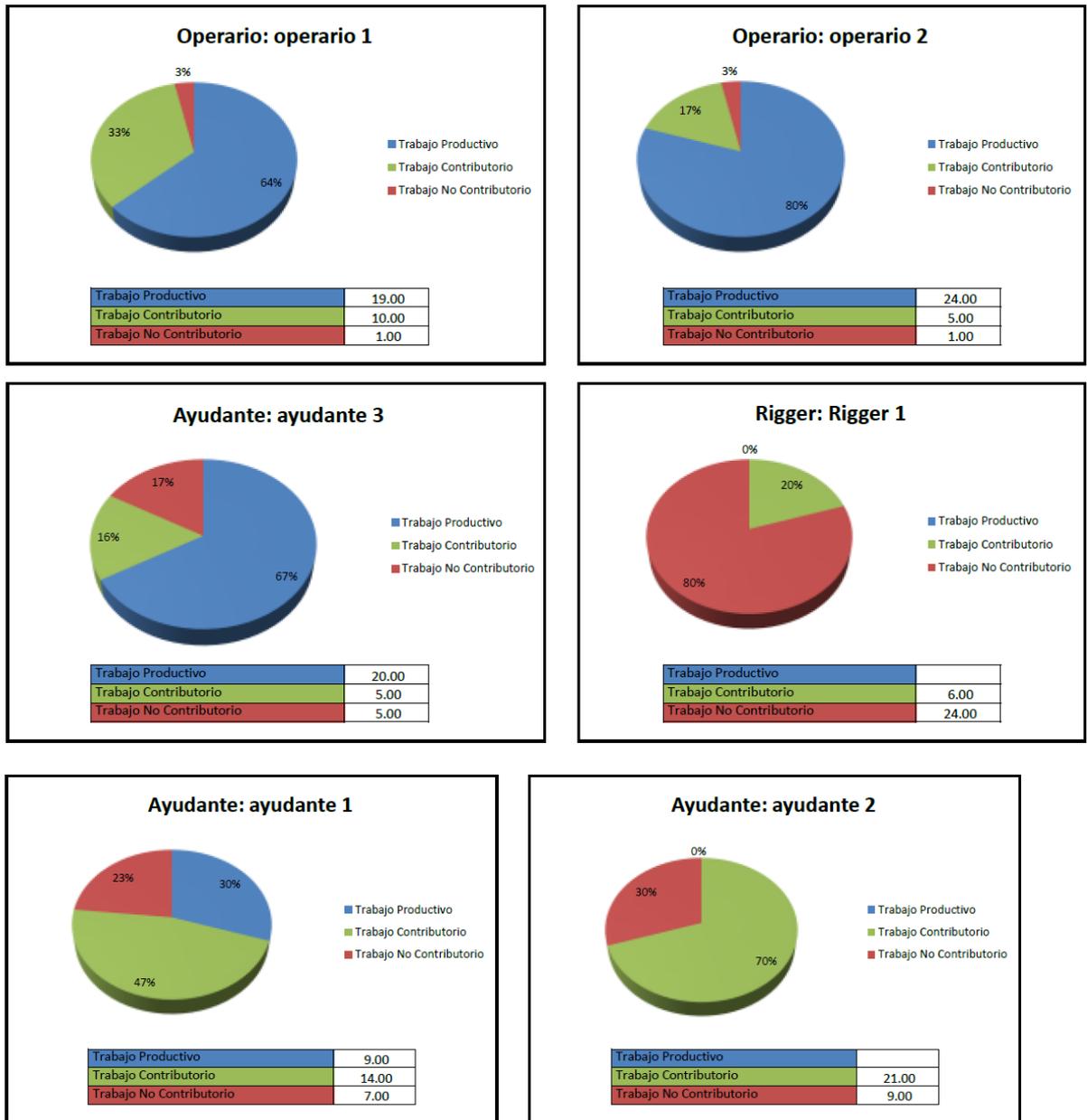
Figura 39: *Carta Balance General*



Fuente: Elaboración propia.

La Carta Balance indica que el porcentaje de trabajos productivos representan un mayor porcentaje del total (41%). Esto se debe a que se ha establecido un procedimiento correcto durante la ejecución de esta partida.

Figura 40: Carta Balance por cada personal que conforman la cuadrilla de trabajo



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar tanto el operario 1, el operario 2 y el ayudante 3, permiten que la actividad del vaciado del concreto para superficies horizontales avance de acuerdo al cronograma de obra establecido, debido a que a su trabajo productivo es de 64%, 80% y 67% respectivamente. Aparte que el ayudante 1 también participa en el avance del proyecto con un trabajo productivo del 30%

De los 3 ayudantes, el ayudante 2 tiene un 30% de trabajo no contributivo y 70% contributivo, por lo tanto, debe ser sacado de la cuadrilla. Asimismo, se puede observar que el rigger tiene un 80% de trabajo no contributivo.

Con ello se puede concluir que esta desbalanceada la partida y se recomienda a tener solo 2 ayudantes y lograr mover más la manguera para realizar un vaciado ordenado y por franjas. Así se igualará la producción del vaciado con la del lampeado.

Asimismo, se sugiere una cuadrilla:

- 1 Rigger
- 1 en el vibrado (con el apoyo del Rigger en el traslado de la vibradora)
- 1 lampeando (la frecuencia de la llegada del balde al techo al piso 6 es de 7 minutos)
- 2 regleadores que también realizan el acabo de losa

El IP del presupuesto en Horas Hombre de la partida de colocación del concreto en losa aligerada $F'c=210\text{kg/cm}^2$ es 2.23, mediante el uso de la carta balance esto llegó a reducir a 1.33.

Tabla 16: *IP presupuesto mano de obra colocación de concreto en losa aligerada*

CONCRETO LOSA ALIGERADA 210 KG/CM2						
Partida	MO. 30.0000	EQ. 30.0000		Costo unitario directo por : M3		294.27
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	OPERADOR DE EQUIPO	HH	1.0000	0.2667	19.24	5.13
	OPERARIO	HH	2.0000	0.5333	19.24	10.26
	OFICIAL	HH	0.3500	0.0933	16.31	1.52
	PEON	HH	5.0000	1.3333	14.66	19.55
				2.23		36.46
Materiales						
	CONCRETO PRE-MEZCLADO F'c=210 KG/CM2	M3		1.0600	211.00	223.66
						223.66
Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.46	1.09
	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40	HM	1.0000	0.2667	4.71	1.26
	BOMBA CONCRETO	M3		1.0600	30.00	31.80
						34.15

Fuente: Expediente tecnico.

Tabla 17: IP con uso de la carta balance mano de obra colocación de concreto en losa aligerada

CONCRETO LOSA ALIGERADA 210 KG/CM2,						
Rendimiento	MO. 30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : M3			280.62
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	OPERADOR DE EQUIPO	HH	1.0000	0.2667	19.24	5.13
	OPERARIO	HH	2.0000	0.5333	19.24	10.26
	PEON	HH	2.0000	0.5333	14.66	7.82
				1.33		23.21
Materiales						
	CONCRETO PRE-MEZCLADO F'c=210 KG/CM2	M3		1.0600	211.00	223.66
						223.66
Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	23.21	0.70
	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40	HM	1.0000	0.2667	4.71	1.26
	BOMBA CONCRETO	M3		1.0600	30.00	31.80
						33.75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Cuadro comparativo para MO con el uso de la carta balance Por M3 de concreto

Descripción	Costo HH por M3
Costo MO Presupuesto	36.46 soles
Costo MO con uso Carta balance	23.21 soles
Ahorro	36.34%

Fuente: Elaboración propia.

El presupuesto base del Proyecto multifamiliar Plaza cuba indicaba un IP =2.23 HH por M3 de concreto, se analizó y se aplicó el uso de la herramienta CARTA BALANCE. Esto nos ayuda a generar un diagnóstico de cómo se distribuyen los tiempos del personal, esta herramienta se dio inicio con su aplicación desde el piso 6 y partir de ello se tuvo un ahorro del 36.34% en HH por M3 de concreto que se fundía en la losa aligerada.

5.1.4. Comparativo de costos de losa aligerada viguetas Pretensadas VS propuesto

Sistema Prelosa

Inicialmente el proyecto estuvo contemplado con la ejecución con viguetas pretensadas, se realizó la propuesta para su ejecución mediante el sistema Prelosa, ya que es un ahorro en tiempo y costo.

Tabla 19: Costo por m2 con viguetas pretensadas

VIGUETAS PRETENSADAS h=0.20 m				
Losa de 20 cm @ 50 cm.				
	Unidad	Cant. x m2	Costo Unit.	Sub Total
CONCRETO EN LOSA ALIGERADA 210 KG/CM2 PREMEZCLADO	m3	0.076	294.27	22.25
APUNTALAMIENTO DE VIGUETAS POSTENSADAS	m2	1.00	26.48	26.48
ACERO EN LOSA ALIGERADA Fy=4200 KG/CM2	Kg	5.65	3.73	21.07
VIGUETAS PRETENSADAS h=0.20 cm	m2	1.00	30.29	30.29
BOVEDILLA DE CONCRETO 0.50 x 0.15	m2	8.24	3.96	32.63
CURADO DE LOSAS	m2	1.00	1.87	1.87
ACABADO DE CIELO RASO-TARRAJEO	m2	1.00	25.63	25.63
			Total en Soles	S/. 160.22

METRADO DEL PROYECTO	5783.32	m2
TOTAL COSTO DIRECTO	926613.43	SOLES

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Costo por m2 con sistema prelosa

SISTEMA PRELOSA H=0.20 m				
Losa de 20 cm				
	Unid.	Cant.	P.U.	Parcial
CONCRETO EN LOSA ALIGERADA 210 KG/CM2 PREMEZCLADO	m3	0.074	294.27	21.78
APUNTALAMIENTO DE VIGUETAS POSTENSADAS	m2	1.00	20.84	20.84
ACERO EN LOSA ALIGERADA Fy=4200 KG/CM2	Kg	5.65	3.94	22.26
PRELOSA ALIGERADA H=20cm	m2	1.00	54.08	54.08
CURADO DE LOSAS	m2	1.00	1.87	1.87
SELLADO DE JUNTAS	ml	1.04	2.50	2.60
			Total en Soles	S/. 123.43

METRADO DEL PROYECTO	5783.32	m2
TOTAL COSTO DIRECTO	713817.72	SOLES

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: *Porcentaje de ahorro por m2*

Porcentaje de ahorro	
prelosa pretensada vs. Viguetas pretensadas:	22.96%
ahorro por m2 usando prelosa pretensada:	S/. 36.79

TOTAL DIFERENCIA EN PRECIOS	S/. 212,795.71
--	-----------------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: *Cuadro comparativo entre viguetas pretensadas vs sistema prelosa*

Sistemas	Costo por M2
Viguetas pretensadas	160.22 soles
Sistema prelosa	123.43 soles
Diferencia	22.96%

Fuente: Elaboración propia.

El presupuesto base del Proyecto multifamiliar Plaza Cuba indicaba que se debe de realizar la ejecución mediante las viguetas pretensadas, pero la oficina analizó que era más beneficioso emplear el sistema Prelosa que consiste en colocar una losa de concreto prefabricada con bloques de poliestireno añadidos en su fabricación, con un ancho variable hasta 2.48m y una longitud usualmente hasta 12m. El análisis de costo resultó que al realizar el Sistema prelosa había un ahorro de 212,795.71 Nuevos soles; además este sistema es más práctico para su ejecución lo cual brinda un ahorro de tiempo.

Figura 41: Ahorro por M2 en losa del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.1. Análisis de Precios Unitarios con Viguetas pretensadas

Tabla 23: Análisis de precios unitarios de concreto en losa aligerada 210kg/cm2

CONCRETO LOSA ALIGERADA 210 KG/CM2,						
Partida	MO. 30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : M3			294.27
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
	OPERADOR DE EQUIPO	HH	1.0000	0.2667	19.24	5.13
	OPERARIO	HH	2.0000	0.5333	19.24	10.26
	OFICIAL	HH	0.3500	0.0933	16.31	1.52
	PEON	HH	5.0000	1.3333	14.66	19.55
						36.46
Materiales						
	CONCRETO PRE-MEZCLADO F'C=210 KG/CM2	M3		1.0600	211.00	223.66
						223.66
Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.46	1.09
	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40	HM	1.0000	0.2667	4.71	1.26
	BOMBA CONCRETO	M3		1.0600	30.00	31.80
						34.15

Fuente: Expediente tecnico.

Tabla 24: Análisis de precios unitarios de viguetas postensadas

Partida						
VIGUETAS POSTENSADAS						
Rendimiento	MO. 90.0000	EQ. 60.0000		Costo unitario directo por : M2		30.29
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
	OPERARIO	HH	0.5000	0.0444	19.24	0.86
	OFICIAL	HH	0.5000	0.0444	16.31	0.72
	PEON	HH	2.0000	0.1778	14.66	2.61
						4.19
	Materiales					
	VIGUETAS POSTENSADAS	ML		2.0000	13.05	26.10
						26.10

Fuente: Expediente tecnico.

Tabla 25: Análisis de precios unitarios para bovedillas

Partida						
BOVEDILLA DE CONCRETO 0.50 x 0.15						
Rendimiento	MO. 1,600.0000	EQ. 1,600.0000		Costo unitario directo por : UND		3.96
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
	OPERARIO	HH	1.0000	0.0050	19.24	0.10
	OFICIAL	HH	1.0000	0.0050	16.31	0.08
	PEON	HH	4.0000	0.0200	14.66	0.29
						0.47
	Materiales					
	BOBEDILLA DE CONCRETO 0.15	UND		1.0500	3.30	3.47
						3.47
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.47	0.02
						0.02

Fuente: Expediente tecnico.

Tabla 26: Análisis de precios unitarios para apuntalamiento de viguetas postensadas

Partida APUNTALAMIENTO DE VIGUETAS POSTENSADAS						
Rendimiento	MO. 40.0000	EQ. 40.0000		Costo unitario directo por : M2		26.48
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Subcontrato					
	OPERARIO	HH	1.0000	0.2000	19.24	3.85
	OFICIAL	HH	1.0000	0.2000	16.31	3.26
						7.11
	Materiales					
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.0100	2.87	0.03
	CLAVOS PARA MADERA	KG		0.0250	2.8700	0.07
	MADERA TORNILLO	P2		4.2400	4.5000	19.08
						19.15
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	7.11	0.21
						0.21

Fuente: Expediente tecnico.

Tabla 27: Análisis de precios unitarios para acero en losa aligerado $F_y=4200\text{kg/cm}^2$

Partida ACERO LOSA ALIGERADA 1 SENTIDO $F_y=4200\text{ KG/CM}^2$						
Rendimiento	MO. 320.0000	EQ. 320.0000		Costo unitario directo por : KG		3.73
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Subcontrato					
	OPERARIO	HH	1.0000	0.0250	19.24	0.48
	OFICIAL	HH	1.0000	0.0250	16.31	0.41
						0.89
	Materiales					
	ALAMBRE #16	KG		0.0500	2.97	0.15
	FIERRO CORRUGADO	KG		1.1300	2.34	2.64
	DISCO DE CORTE ACERO	UND		0.0050	3.90	0.02
						2.81
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.89	0.03
						0.03

Fuente: Expediente tecnico.

Tabla 28: Análisis de precios unitarios para tarrajeo de cielo raso

Partida							TARRAJEO DE CIELOS EN PISOS SUPERIORES						
Rendimiento	m2/DIA	15.0000		EQ. 15.0000		Costo unitario directo por : m2	25.63						
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.						
	Subcontrato												
		OPERARIO	HH	1.0000	0.5333	19.24	10.26						
		OFICIAL	HH	1.0000	0.5333	16.31	8.70						
							18.96						
	Materiales												
		CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0090	5.10	0.05						
		ARENA FINA	m3		0.0170	40.00	0.58						
		CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		0.2570	21.00	5.40						
		AGUA	m3		0.0040	20.00	0.08						
							6.11						
	Equipos												
		HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	18.51	0.56						
							0.56						

Fuente: Expediente tecnico.

5.1.4.2. Análisis de Precios Unitarios con Sistema Prelosa

Tabla 29: Análisis de precios unitarios para prelosa aligerada $h=0.20$

Partida							PRELOSA ALIGERADA						
Rendimiento		MO. 350.0000		EQ. 350.0000		Costo unitario directo por : M2	54.08						
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial						
	Mano de Obra												
		OPERARIO	HH	0.5000	0.0114	19.24	0.22						
		OFICIAL	HH	0.5000	0.0114	16.31	0.19						
		PEON	HH	2.0000	0.0457	14.66	0.67						
							1.08						
	Materiales												
		VIGUETAS POSTENSADAS	ML		1.0000	53.00	53.00						
							53.00						

Fuente: Expediente tecnico.

Tabla 30: Análisis de precios unitarios para apuntalamiento de prelosa

Partida APUNTALAMIENTO DE PRELOSA						
Rendimiento	MO. 60.0000	EQ. 60.0000		Costo unitario directo por : M2		20.84
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Subcontrato					
	OPERARIO	HH	1.0000	0.1333	19.24	2.57
	OFICIAL	HH	1.0000	0.1333	16.31	2.17
						4.74
	Materiales					
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.0100	2.87	0.03
	CLAVOS PARA MADERA	KG		0.0250	2.8700	0.07
	MADERA TORNILLO	P2		3.5300	4.5000	15.89
						15.96
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.74	0.14
						0.14

Fuente: Expediente tecnico.

Tabla 31: Análisis de precios unitarios para acero en losa aligerada

Partida ACERO LOSA ALIGERADA 1 SENTIDO FY=4200 KG/CM2						
Rendimiento	MO. 260.0000	EQ. 260.0000		Costo unitario directo por : KG		3.94
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Subcontrato					
	OPERARIO	HH	1.0000	0.0308	19.24	0.59
	OFICIAL	HH	1.0000	0.0308	16.31	0.50
						1.09
	Materiales					
	ALAMBRE #16	KG		0.0500	2.97	0.15
	FIERRO CORRUGADO	KG		1.1300	2.34	2.64
	DISCO DE CORTE ACERO	UND		0.0050	3.90	0.02
						2.81
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.09	0.03
						0.03

Fuente: Expediente tecnico.

5.1.5. Costo y Tiempo para el Pedido de Materiales

Del proceso logístico de la empresa se calculó los siguientes costos realizados para los pedidos de materiales para el tercer piso.

Tabla 32: Costo y tiempo del escenario de empresa

PROCESO DE ABASTECIMIENTO	COSTO (S./m)	TIEMPO (minutos)	COSTO TOTAL (S./)
PLANIFICACIÓN DE PEDIDO	0.0068	130	0.884
INGRESO DE SOLICITUD	0.0118	70	0.826
VERIFICACIÓN DE AUSENCIA DE RECURSOS Y REALIZAR SOLICITUD DE PEDIDO	0.0058	30	0.174
REALIZAR SOLICITUD DE PEDIDO	0.0115	40	0.46
REVISIÓN DE SOLICITUD DE PEDIDO	0.0115	20	0.23
APROBACIÓN DE SOLICITUD	0.0115	20	0.23
RECHAZO SOLICITUD	0.0115	50	0.575
VERIFICACIÓN DE MATERIALES EN ALMACEN	0.0115	40	0.46
SE SOLICITA PEDIDO DE MATERIALES	0.0115	80	0.92
REVISION DE SOLICITUD DE PEDIDO	0.0115	10	0.115
APROBAR SOLICITUD	0.0115	10	0.115
RECHAZO DE LO SOLICITO	0.034	700	23.8
COTIZACIÓN EN BASE A PRESUPUESTO	0.0121	500	6.05
SELECCIÓN DE PROVEEDOR	0.0115	2500	28.75
APROBACIÓN DE COMPRA	0.0115	20	0.23
ENVÍO DE MATERIAL A OBRA	0.0112	20	0.224
CONTROL DE MATERIAL	0.485	250	121.25
TOTAL			185.293

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Costo y tiempo de una propuesta de mejora

PROCESO DE ABASTECIMIENTO	COSTO (S./m)	TIEMPO (minutos)	COSTO TOTAL (S./.)
PLANIFICACIÓN DE PEDIDO	0.0064	130	0.832
INGRESO DE SOLICITUD	0.0114	70	0.798
VERIFICACIÓN DE AUSENCIA DE RECURSOS Y REALIZAR SOLICITUD DE PEDIDO	0.0054	30	0.162
REVISIÓN DE SOLICITUD DE PEDIDO	0.0114	20	0.228
APROBACIÓN DE SOLICITUD	0.0114	20	0.228
RECHAZO SOLICITUD	0.0114	50	0.57
VERIFICACIÓN DE MATERIALES EN ALMACEN	0.0114	40	0.456
SE SOLICITA PEDIDO DE MATERIALES Y REVISIÓN DE SOLICITUD DE PEDIDO	0.0115	80	0.92
APROBAR SOLICITUD	0	10	0
RECHAZO DE LO SOLICITO	0	700	0
COTIZACIÓN EN BASE A PRESUPUESTO Y SELECCIÓN DE PROVEEDOR	0.0017	500	0.85
APROBACIÓN DE COMPRA	0	20	0
ENVÍO DE MATERIAL A OBRA	0.0111	20	0.222
CONTROL DE MATERIAL	0.4842	250	121.05
TOTAL			126.316

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.2. Propuestas de Mejora

El objetivo de esta investigación es la mejora de costo de ejecución para el proyecto inmobiliario “Edificio Multifamiliar Plaza Cuba”, y con ello mejorar los procesos logísticos en las obras seleccionadas por parte de la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C. y el abastecimiento en la cadena de suministros.

Tabla 34: Pedido y costo de material para el tercer piso de la Empresa

Material	# de pedidos por pisos	Fechas					Total de costos operativos en la cadena de suministro	
		18/9/2020	21/9/2020	23/9/2020	24/9/2020	28/9/2020		
Acero	2	■		■			185.293	370.586
Concreto	2		■			■	185.293	370.586
Instalación eléctrica	1				■		185.293	185.293
Instalaciones de agua y desagüe	1				■		185.293	185.293
								1111.758

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Pedido y costo de material de una propuesta de mejora

Material	# de pedidos por pisos	Fechas					Total de costos operativos en la cadena de suministro	
		18/9/2020	21/9/2020	23/9/2020	24/9/2020	28/9/2020		
Acero	2	■		■			126.316	252.632
Concreto	2		■			■	126.316	252.632
Instalación eléctrica	1				■		126.316	126.316
Instalaciones de agua y desagüe	1				■		126.316	126.316
								757.896

Fuente: Elaboración propia.

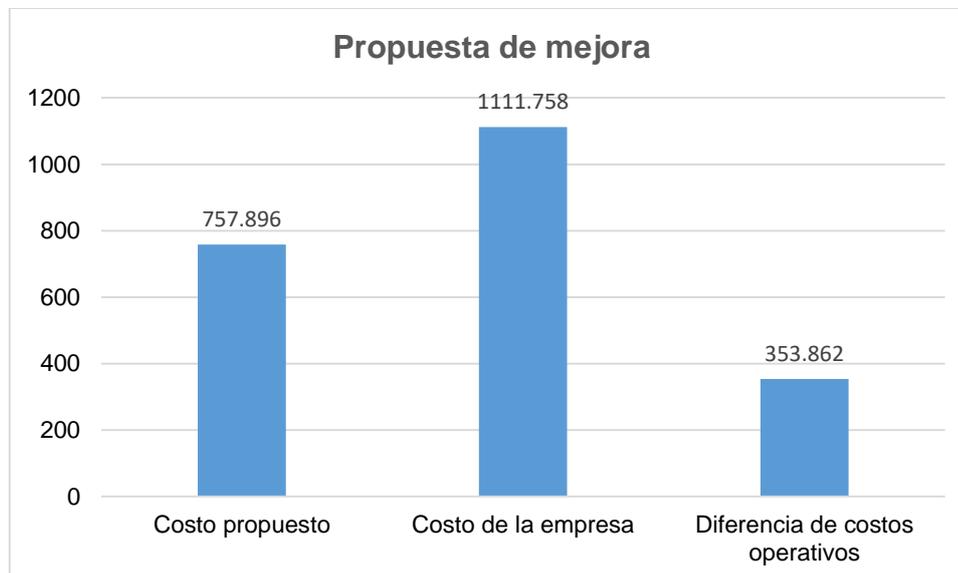
Tabla 36: Cuadro comparativo entre la empresa y la propuesta de mejora

Disminución de costos operativos en la cadena de suministros	Escenario con la propuesta de mejora
Costo propuesto	757.896
Costo de la empresa	1111.758
Diferencia de costos operativos	31.83%

Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de los resultados obtenidos se propone a la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C. de optar por la propuesta de mejora, ya que con este su variación de costos operativos es de 31.83%.

Figura 42: Comparativa entre la empresa y la propuesta de mejora



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI

DISCUSIONES DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

La alta competitividad en el sector de construcción junto al alto nivel de exigencias por de los clientes ha llevado a la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C a implementar mejoras en los procesos de producción para garantizar el cumplimiento de plazos durante la ejecución de una edificación, es por ello, que la aplicación del sistema Last Planner System incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación, esto se apoya con el incremento de la productividad de las unidades y la reducción de los costos y plazos de entrega.

La aplicación del sistema Last Planner System mejoro el tiempo de ejecución en la construcción del proyecto inmobiliario Edificio Multifamiliar Plaza Cuba, logrando cumplir los plazos establecidos en el expediente técnico del proyecto, es decir, con el cronograma de obra, beneficiando a la empresa a la no generación de sobrecostos o sobretiempos por una mala planificación y evitando así penalidades. Esto se puede corroborar con el porcentaje de Plan de Cumplimiento ya que está directamente relacionado con el avance físico de la obra en nuestro caso el PPC dio un valor promedio de 88% durante las 19 semanas de trabajo permitiendo así cumplir con el cronograma maestro.

La aplicación del sistema Last Planner System logró una disminución en tiempo mediante el cumplimiento de las actividades programadas según el rendimiento en un 25.00% con respecto al sistema tradicional; asimismo haciendo el uso de las curvas de productividad se obtuvo un ahorro en costo del 14.6% con respecto al Índice de productividad meta correspondiente a la partida de encofrado en verticales.

La aplicación del sistema Last Planner System mediante el uso de la carta balance logró una disminución en el IP del presupuesto en Horas Hombre de la partida de colocación del concreto en losa aligerada $F'c=210\text{kg/cm}^2$, esto llegó a reducir a 1.33, Comparado con el costo de IP=2.23 de la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C.

La aplicación del sistema Last Planner System logró una disminución de costos mediante la ejecución propuesta del sistema Prelosa en un 22.96% por metro cuadrado de losa aligerada, Comparado con el costo tradicional de las viguetas pretensadas de la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C; asimismo se logró una disminución de costos operativos en la cadena de suministros de un 31.83% Comparado con el costo operativo tradicional de la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación del Last Planner System para proyectos futuros por parte de la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C, debido a que no emplea una gran tecnología ni de compras costosas, sino un buen entendimiento y compromiso de todos los integrantes que participaran en cada proyecto. Asimismo, implementado la filosofía Lean Construction ya que permitirá a reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y potencializar las actividades que sí lo hacen.

Se recomienda la implementación del Last Planner System debido a que permite optimizar los tiempos de manera adecuada, es decir permite ahorrar el tiempo durante la ejecución de proyectos inmobiliarios, el cual esto se expresa en la eficacia de la empresa.

Se recomienda que la empresa Inmobiliaria San Martín de Tours S.A.C siga con la propuesta como resultado de esta investigación porque de esta manera disminuirá sus costos mediante el uso de prefabricados como es del sistema prelosa; asimismo

disminuirá sus costos operativos en la cadena de suministros. De igual forma, la empresa debe tener una mayor comunicación con sus proveedores, con el fin de optimizar el tiempo de abastecimiento en obra.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Angeli Gutiérrez, C. (2017). *Implementación del sistema last planner en edificación en altura en una empresa constructora*. Tesis de licenciatura, Universidad Andrés Bello, Santiago. Obtenido de <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/4601>
- Bazán P., J. (2017). *Propuesta de Implementación de la herramienta LAST PLANNER SYSTEM para mejorar la gestión logística del área de Obras Industriales de la empresa CAM*. Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/10732>
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Botero Botero, L., & Álvarez Villa, M. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. (17).
- Botero, L. (2012). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad EAFIT*, 14.
- Brioso, X. (2017). Sinergias entre el Last Planner System y la OHSAS 18001 - Una visión general. *Construction Management & Technology*, 1(2), 24-35. doi:10.20868/bma.2017.2.3551
- Burgos, M., & Vela, D. (2015). *Análisis de las causas del incumplimiento de la programación en las obras civiles*. Bogotá - Colombia. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7285>
- Chokewanka, V., & Sotomayor, J. (2018). *Sistema Last Planner para mejorar la planificación en la obra civil del centro de salud Picota - San Martín*. Universidad San Martín de Porres, Lima. Obtenido de <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4235>
- Cortés, M., Herrera, R., Muñoz La Rivera, F., & Ávila Eça de Matos, B. (2020). Principales requerimientos de una herramienta TI basada en last planner® system. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 35(2). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000200126>
- De la Cruz F., J., & Neira M., S. (2016). *Aplicación de la metodología LAST PLANNER SYSTEM en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el distrito de Trujillo 2015*. Tesis de

- licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/1988>
- Elera, G. (28 de 8 de 2020). *Revista Perú Construye*. Obtenido de <https://peruconstruye.net/2020/08/28/como-ahorrar-dinero-en-la-construccion/>
- HERNÁNDEZ Sampieri, R., FERNÁNDEZ Collado, C., & BAPTISTA Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ta ed. México D.F.
- Herrera V., R., & Reyes P., C. (2017). Los pros y contras al implementar el sistema Last Planner en un proyecto de edificación: un caso de estudio. *Ingenium Revista De La Facultad De Ingeniería*, 18(35), 91-104. doi:<https://doi.org/10.21500/01247492.3217>
- Jones, D., & Womack, J. (2000). *Lean Thinking. Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Planeta.
- Nemur, L. (2016). *Productividad: Consejos y Atajos de Productividad para Personas Ocupadas*.
- Niño Rojas , V. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia : Ediciones de la U.
- Orihuela, P. (2011). Lean Construction en el Perú. *Construccion Integral* , 1-4.
- Parra G., D. (2019). *Efecto del Last Planner System en la productividad total de los factores en proyectos de obras viales*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5431>
- Pirca M., G., & Pirca M., J. (2019). *Aplicación del Sistema Last planner System en el proceso de planificación de la obra: Dirección regional de educación de Huancavelica*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3088>
- Poma, E. (2014). *Aplicación del software Primavera P6 para viabilizar el cumplimiento de plazos y costos en proyectos de la empresa TECHINT SAC*. Huancayo - Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3213>
- Pons A., J. (2014). *Introducción a Lean Construction* (1era ed.). Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.
- Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O., & Galvis Guerra, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Avances. Investigación en Ingeniería*, 11(1).
- Rojas L., M., Henao G., M., & Valencia C., M. (2016). Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 16(30), 115-128. Obtenido de <https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a6>
- Sánchez B., J. (2019). *Gestión e implementación para el cumplimiento de actividades programadas en concreto pre mezclado para edificaciones, basado en LAST*

PLANNER SYSTEM de la empresa UNICON lima. Tesis de maestría, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/5088>

- Tucto, G. (2017). *Metodología de aplicación de la filosofía Lean Construction y Last Planner System en la región San Martín.* Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2589>
- Ureta, G. (2018). *Impactos en la Aplicación del Sistema Last Planner en Obras de Edificación con el Uso de Tecnologías de la Información.* Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. doi:10.13140/RG.2.2.15478.29767
- Valenzuela, R., Chávez, M., Landazuri, Y., & Ochoa, B. (2015). *La planeación de tiempos y costos como estrategia en la administración de proyectos.* Instituto Tecnológico de Sonora, Obregón - México. Obtenido de <https://www.clubensayos.com/Negocios/LA-PLANEACI%C3%93N-DE-TIEMPOS-Y-COSTOS-COMO-ESTRATEGIA/2575856.html>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“APLICACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM PARA MEJORAR EL CUMPLIMIENTO DE PLAZOS DE EJECUCIÓN EN EDIFICACIONES - LIMA”

<i>PROBLEMA</i>	<i>OBJETIVOS</i>	<i>HIPOTESIS</i>	<i>VARIABLES</i>	<i>METODOLOGIA</i>
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo la aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de plazos en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿De qué manera la aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de las actividades programadas según el rendimiento en comparación del sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar el cumplimiento de plazos mediante el sistema Last Planner System y en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar en qué medida la aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de las actividades programadas según el rendimiento en comparación del sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima. 	<p>Hipótesis General</p> <p>La aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento de plazos en comparación al sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la ciudad de Lima.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La aplicación del sistema Last Planner System mejora el cumplimiento en las actividades programadas según el rendimiento en comparación del sistema tradicional en la ejecución de una edificación en la 	<p>Variabes de estudio</p> <p>LAST PLANNER SYSTEM</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento personal • Ahorro de materiales <p>CUMPLIMIENTO DE PLAZOS</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Costo 	<p>Método de la investigación</p> <p>Cuantitativo y longitudinal.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptivo, Explicativo.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Cuasi experimental.</p>

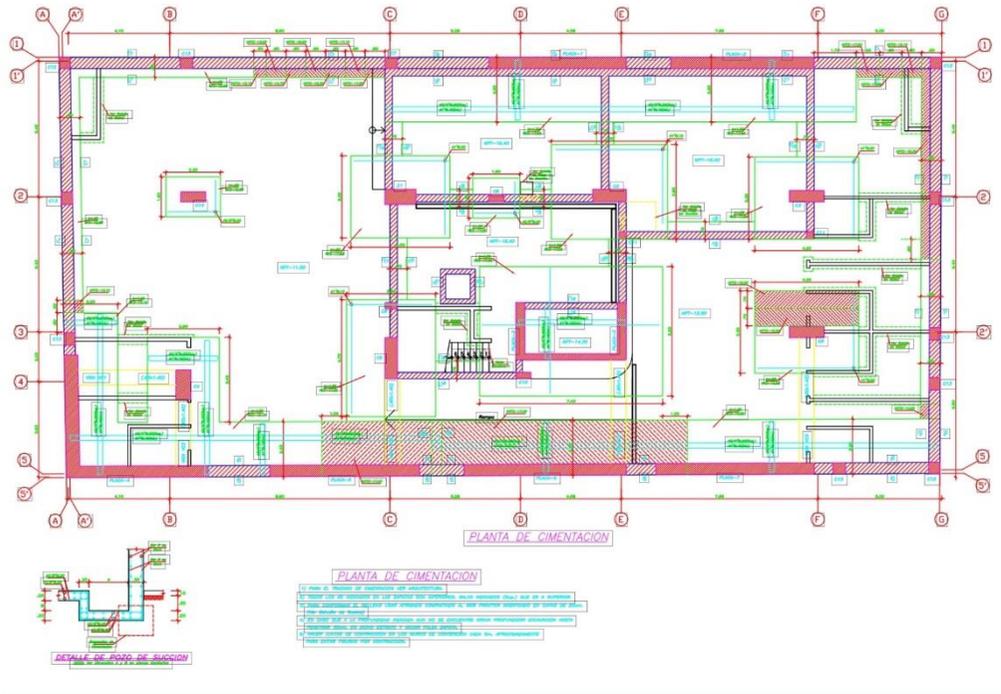
<p>¿Como la aplicación del sistema Last Planner System mejora el costo de ejecución en comparación del sistema tradicional de una edificación en la ciudad de Lima?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar en qué magnitud la aplicación del sistema Last Planner System mejora el costo de ejecución en comparación del sistema tradicional de una edificación en la ciudad de Lima. 	<p>ciudad de Lima, 2020.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La aplicación del sistema Last Planner System mejora el costo de ejecución en comparación del sistema tradicional de una edificación en la ciudad de Lima. 	<p>Población: Una edificación en la ciudad de Lima.</p> <p>Muestra: Caracterización de proyecto de edificación plaza cuba.</p>
---	--	---	--

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

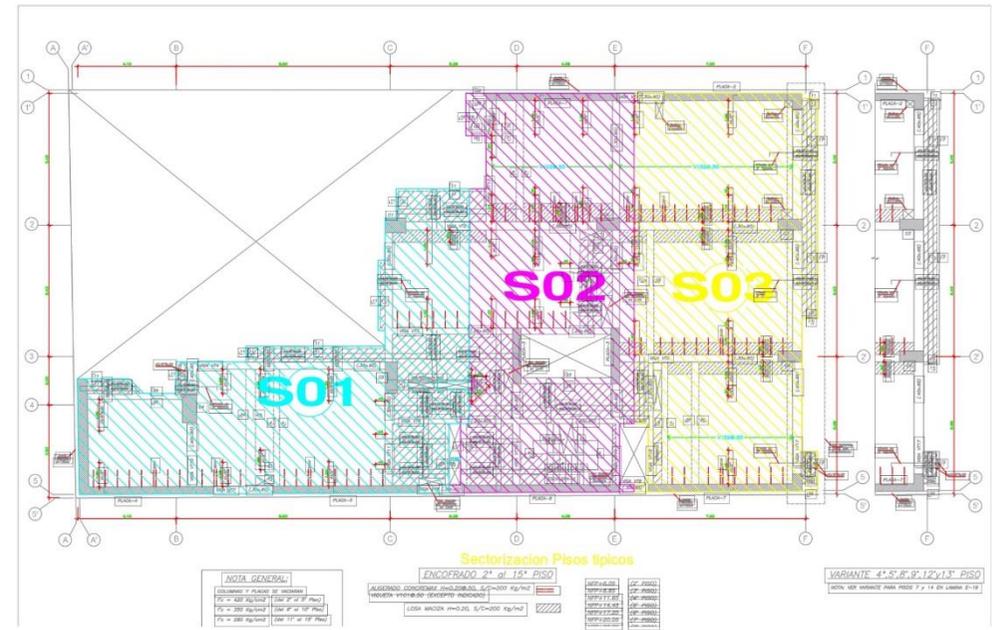
<i>VARIABLES</i>	<i>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</i>	<i>DEFINICIÓN OPERACIONAL</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>MEDIDA</i>
VARIABLE DE ESTUDIO LAST PLANNER SYSTEM	Es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos de construcción. (Pons & Rubio, 2019)	Se han considerado las siguientes dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento personal • Ahorro de Materiales 	Rendimiento personal	Horas de trabajo	Razón
			Ahorro de Materiales	Total, de materiales (m ²)	Razón
CUMPLIMIENTO DE PLAZOS	El Last Planner System, plantea que esta brecha entre lo que DEBERÍA hacerse y lo que finalmente se HIZO se puede mejorar significativamente si obtenemos información confiable y en conjunto con los últimos planificadores [maestros de obra, subcontratistas, jefes de cuadrilla, etc.], de tal manera que	Se han considerado las siguientes dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Costo 	Tiempo	Días de trabajo programado	Razón
			Costo	Días de trabajo programado	Razón

	podamos visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se PUEDE hacer, y luego en un plazo más inmediato, lo que con mucha más certeza se HARÁ.(Orihuela & Ulloa, 2011)				
--	--	--	--	--	--

PLANO DE CIMENTACIÓN Y SECTORIZACIÓN DE TECHOS PLANTA TÍPICA

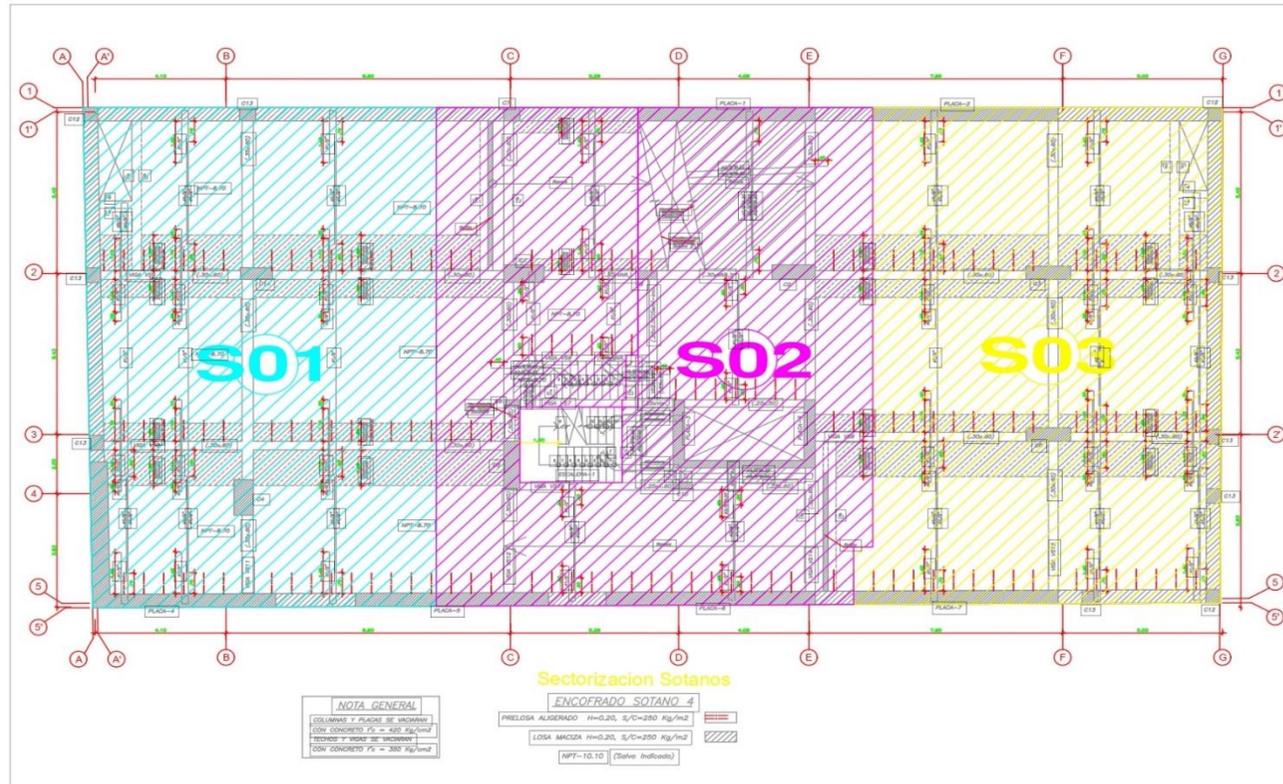


PLANO EN PLANTA DE LA CIMENTACIÓN

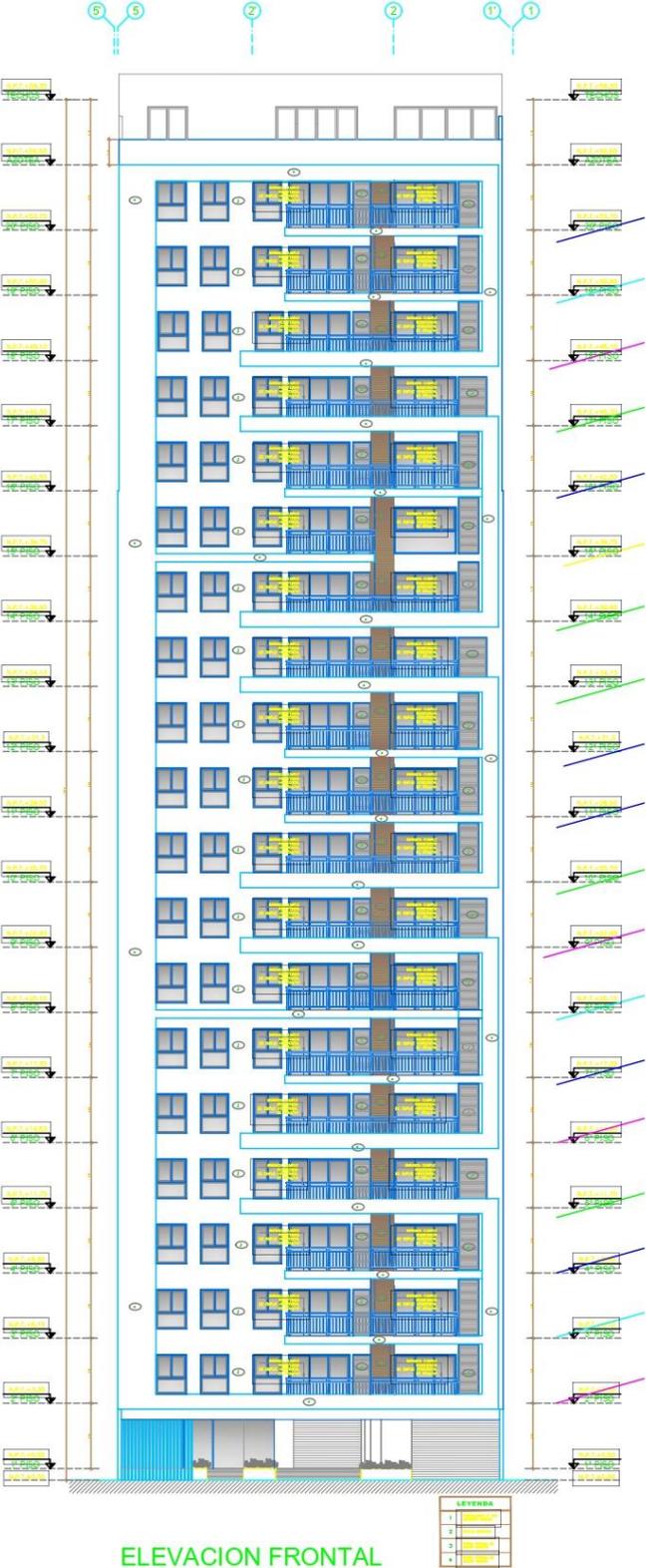


SECTORIZACIÓN PLANTA TÍPICA

SECTORIZACIÓN DE SOTANOS



FACHADA PRINCIPAL - ARQUITECTURA



PANEL FOTOGRÁFICO

