

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Análisis de la productividad de la mano de obra en proyectos de edificación aplicando el sistema de construcción tradicional y Last Planner System

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Civil

Por:
Fladimir Bautista Garcia
Deisy Lizeth Pandal Francisco

Asesor:
Ing. Carlos Frank Yoctún Ríos

Lima, noviembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Carlos Frank Yoctún Rios, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “Análisis de la productividad de la mano de obra en proyectos de edificación aplicando el sistema de construcción tradicional y Last Planner System” constituye la memoria que presentan los estudiantes Fladimir Bautista Garcia y Deisy Lizeth Pandal Francisco para aspirar el grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 26, de noviembre del 2020.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Frank Rios', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Carlos Frank Yoctún Rios

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....26.....día(s) del mes de.....Noviembre.....del año 2020.. siendo las.....18:00..... horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Fiorella Maira Zapata Antezana....., el (la) secretario(a)..... Ing. Roberto Roland Yoctun Rios..... y los demás miembros: Ing. Giuliano Ricardo Moreno Patiño..... y el (la) asesor(a)... Ing. Carlos Frank Yoctún Rios..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Análisis de la productividad de la mano de obra en proyectos de edificación aplicando el sistema de construcción tradicional y Last Planner System". de los (las) egresados (as):

.....a)..... **FLADIMIR BAUTISTA GARCIA**.....

.....b)..... **DEISY LIZETH PANDAL FRANCISCO**

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

INGENIERÍA CIVIL.....

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

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

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

Candidato/a (a): **FLADIMIR BAUTISTA GARCIA**.....

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|-----------|
| | Vigesimal | Líteral | Cualitativa | |
| APROBADO | 16 | B | BUENO | MUY BUENO |

Candidato/a (b): **DEISY LIZETH PANDAL FRANCISCO**.....

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|-----------|
| | Vigesimal | Líteral | Cualitativa | |
| APROBADO | 16 | B | BUENO | MUY BUENO |

(*) *Ver parte posterior*

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

Presidente
Ing. Fiorella Maira
Zapata Antezana



Secretario
Ing. Roberto Roland
Yoctun Rios

Asesor
Ing. Carlos Frank
Yoctún Rios

Miembro

Miembro
Ing. Giuliano Ricardo
Moreno Patiño

Candidato (a)
Fladimir Bautista
Garcia

Candidato/a (b)
Deisy Lizeth Pandal
Francisco

Análisis de la productividad de la mano de obra en proyectos de edificación aplicando el sistema de construcción tradicional y Last Planner System

FLADIMIR BAUTISTA GARCIA* DEISY LIZETH PANDAL FRANCISCO*
*EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión,
Perú.*

Resumen

El presente artículo, da a conocer el análisis de la productividad de la mano de obra en proyectos de edificación aplicando el sistema de construcción tradicional y Last Planner System. El Last Planner System es una herramienta de planificación y control de procesos que minimiza en los proyectos los efectos de incertidumbre y variación, creando un flujo continuo entre cada una de las actividades, de acuerdo a lo mencionado, surge el interés de conocer la mejora que genera dicha herramienta realizando revisiones de estudios ya concluidos. Antes de iniciar con el análisis, fue necesario buscar bibliografías relacionadas al tema para conocer más del Last Planner System, los principios de producción y la metodología para su aplicación.

Palabras clave: Last Planner System; Productividad; Sistema de construcción tradicional, Mano de obra.

Abstract

This article presents the analysis of the productivity of labor in building projects applying the traditional construction system and Last Planner System. The Last Planner System is a process planning and control tool that minimizes the effects of uncertainty and variation in projects, creating a continuous flow between each of the activities, according to the aforementioned, the interest arises to know the improvement that generates this tool by conducting reviews of studies already completed. Before starting with the analysis, it was necessary to search bibliographies related to the subject to learn more about the Last Planner System, the principles of production and the methodology for its application.

Key words: Last Planner System; Productivity; Traditional construction System, Workforce.

**Correspondencia de Fladimir Bautista García, Deisy Lizeth Pandal Francisco
Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima.
E-mail: fladimirbautista@upeu.edu.pe*

INTRODUCCIÓN

Este artículo tiene como finalidad analizar la productividad de la mano de obra en proyectos de edificación aplicando el sistema de construcción tradicional y Last Planner System.

Los proyectos ejecutados con el sistema de construcción tradicional presentan baja productividad, debido a sus procesos constructivos ineficientes ocasionando retrasos en los plazos de ejecución y sobrecostos; el cual se resume como una mala planificación que implica falta de herramientas, descoordinación, mala supervisión, la inseguridad, la indisponibilidad de materiales, trabajos rehechos, entre otros. Dado a esto es que nace Last Planner System o sistema de último planificador para mejorar el sistema de construcción tradicional; esta herramienta busca optimizar los recursos logrando una mayor productividad y por ende generar ganancias a corto plazo, mejorar los procesos constructivos y brindar trabajos de calidad.

Actualmente, el sector de la construcción en el Perú es muy competitivo, debido a ello ya existen empresas que invierten mucho dinero en el área de productividad, gestión, planificación, organización, dirección y control de obra, sin embargo, estas innovaciones aún es novedad en muchas regiones de nuestro país y se sigue aplicando el sistema de construcción tradicional (Ccorahua Chirinos, 2016).

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la investigación se realizó el proceso de búsqueda a partir de una revisión sistemática en bases de datos nacionales e internacionales, así mismo en organizaciones académicas tales como International Group for Lean Construction (IGLC) y el Lean Construction Institute (LCI) dedicadas a la difusión de la filosofía Lean, así como también a la transformación y mejora de la industria de la construcción a nivel mundial. En las diferentes bases de datos la información se filtró con palabras clave como Last Planner System, productividad con LPS o proyectos de edificaciones con Last Planner System.

En la selección de las bibliografías se tomaron en cuenta aquellas que brindan información sobre la implementación de Last Planner System en un proyecto de edificación. Se seleccionaron 6 artículos entre nacionales e internacionales que se encuentran dentro de los 11 últimos años y 5 tesis nacionales que se encuentran dentro de los 5 últimos años. De todas ellas se tomaron la tesis de Cornejo Lecaros, Gonzales Anco y Tapia Maldonado, titulada “Implementación del sistema de Last Planner System en actividades de concreto armado para proyectos de edificación industrial” y la tesis de Pirca Macetas, Grover y Pirca Macetas, Jonathan titulada “Aplicación del sistema Last Planner System en el proceso de planificación de la obra: Dirección Regional de Educación de Huancavelica” para realizar los respectivos análisis.

A partir de la revisión de los artículos de investigación y tesis seleccionados, se procede con el desarrollo del artículo, el cual comprende de las siguientes partes: resumen, introducción, metodología, cuerpo teórico, desarrollo y discusión, conclusiones y recomendaciones.

CUERPO TEÓRICO

Last Planner System (LPS)

El Last Planner System (Sistema del Último Planificador) es un sistema de control y planificación de producción, es una metodología basado del “Lean Manufacturing”, es un diseño que inicialmente fue aplicado por Japón en las fábricas automotrices de Toyota, gracias a esta estrategia de trabajo, el país asiático logró producir vehículos a gran escala. Es en ese contexto donde surge la filosofía Lean, cuya finalidad es eliminar los desperdicios; mediante la aplicación adecuada, se logró adaptar a la industria de la construcción, lo que hoy se denomina “Lean Construction”, del cual se extrae una de sus herramientas, llamada “Last Planes System” (Maykol Miranda_Mejia, 2020). Glenn Ballard y Greg Howell fueron los creadores del sistema Last Planner en 1992 y tomaron la iniciativa para mejorarlo durante las últimas tres décadas. El LPS se basa en todos los principios de Lean Construction que buscan la perfección y el excelente desempeño en cuanto a productividad, esto se puede lograr mediante la mejora de la confiabilidad de la planificación. El enfoque principal de LPS es reducir la incertidumbre y la variabilidad en el flujo de trabajo de un proyecto, que ha sido descuidado por la gestión tradicional y al parecer es el factor principal de la baja productividad de los proyectos de construcción (Kassab & Young, 2020).

Construcción sin pérdidas tiene la finalidad de minimizar o eliminar todas fuente de desperdicio que existe en los procesos constructivos o productivos que normalmente implican menor productividad, menor calidad, costos elevados, etc. El objetivo de LPS es incrementar la fiabilidad de la planificación, controlar interdependencias entre los procesos, reducir la variabilidad y por consecuencia mejorar los rendimientos. Este sistema cuenta con herramientas de planificación y control muy efectivas incluso en proyectos complejos, inciertos y / o rápidos. Está específicamente diseñado para mejorar el control de la incertidumbre incrementando la confiabilidad de los planes, que se realiza tomando acciones en diferentes niveles del sistema de planificación. Para lograr esa confiabilidad es esencial para el LPS trabajar directamente con el último planificador (Andrade & Arrieta, 2010).

El término Last Planner se refiere a la cadena jerárquica de planificadores, en la que el último planificador actúa en la fase de ejecución de las asignaciones (Hoyos & Botero, 2018), es quien define finalmente lo que será realizado y quién realizará el trabajo. El último planificador es la persona que directamente vigila el trabajo hecho por las unidades de producción, es responsable de la capacidad de las unidades de producción, de sus rendimientos y de la calidad de sus productos. El papel de último planificador puede ser desempeñado por el capataz, el jefe de obra, supervisor, subcontratistas y entre otros (Andrade & Arrieta, 2010).

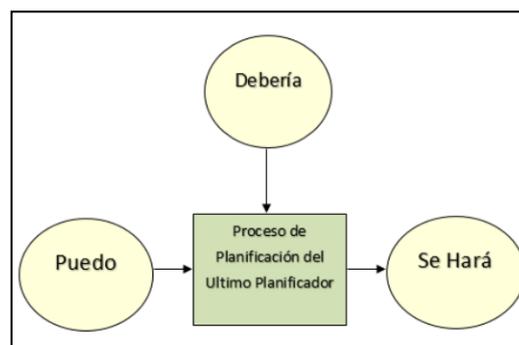


Figura 1. El funcionamiento básico del último planificador
Fuente: (Carranza Vásquez & Tejada Mariño, 2018)

El LPS tiene tres niveles de planificación.

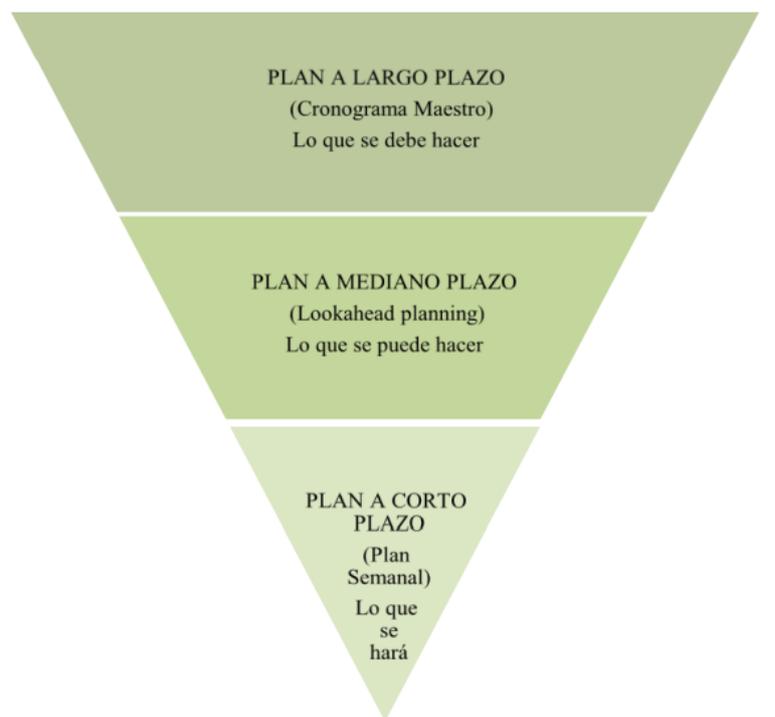


Figura 2. Fases de los planes en la obra
Fuente: (Maykol Miranda_Mejia, 2020)

Cronograma maestro

El cronograma maestro es la planificación inicial o planificación a largo plazo, comprende lo que “debería” ser ejecutado, es decir muestra una visión macro del proyecto. Por lo general se suelen reflejar en un diagrama Gantt, el cual muestra toda la estructura del proyecto. En esta etapa se define el alcance del proyecto, la estructura del trabajo, la estructura organizativa del proyecto, las estrategias a utilizar en el desarrollo del trabajo. Otro punto es, determinar recursos, hitos, riesgos, contingencias, así como las expectativas del proyecto. Asimismo, se desarrolla la planificación de fases en proyectos grandes el cual representa una subdivisión más detallada del plan maestro, por eso la participación de todos los responsables es fundamental. En esta fase se analizan aquellas actividades que provocan cuello de botella, se identifica los obstáculos o restricciones que pueda haber en el desarrollo de las actividades, por lo general se pueden relacionar con un predimensionamiento estructural (Maykol Miranda_Mejia, 2020)

Planificación intermedia

Es la planificación a mediano plazo o también conocido como Planificación lookahead, esta etapa comprende las actividades que se “puede” realizar. Según (Álvarez Pérez et al., 2019) la planificación intermedia es como hacer un zoom al programa maestro, es decir se divide en grupos de trabajo y tareas detalladas sobre cómo se desarrollarán. Así mismo, dentro de la planificación intermedia se identifica y analiza las actividades con restricciones (intervalo de tiempo 4 a 6 semanas), se asignan responsables que puedan liberar los trabajos con restricciones para que haya un flujo de trabajo ejecutable. Si el planificador cree que una actividad está restringida, no podrá dejarla avanzar porque el objetivo es mantener un inventario de trabajo ejecutable, libre de obstáculos.

Planificación semanal

Es la planificación a corto plazo, esta etapa comprende las actividades diarias que “se harán” en la obra. Esta planificación presenta un nivel con mayor detalle antes de ejecutar una tarea, es realizada por el último planificador, quien participa directamente en la ejecución del trabajo ya sean diseñadores, supervisores, capataces y otras personas. La planificación semanal se complementa con una reunión diaria al comenzar la jornada para repasar las tareas programadas para ese día y verificar que se pueden realizar sin restricciones de último momento. Se suelen denominar Reuniones de Pie o Daily Huddle y no deben durar más de unos quince minutos (Álvarez Pérez et al., 2019).

Medición de desempeños

El desempeño se mide a través del PPC (porcentaje de plan completadas), el cual sirve también para saber los resultados y la calidad de programación realizada, así mismo contribuye para aprender de las fallas e implementar mejoras. El PPC es un indicador que se determina mediante la división del número de tareas completadas entre el número de asignaciones para una semana dada. La herramienta compara el trabajo realizado de acuerdo con el plan de trabajo semanal con el trabajo real completado, reflejando así la confiabilidad del sistema de planificación y los compromisos.

Causas de no cumplimiento

Las razones de no cumplimiento son todas aquellas causas que llevaron a no culminar la tarea programada al 100% para la semana. Recordemos que la tarea se considera culminada si es que se concluyó totalmente y no parcialmente. Se evalúan las razones de incumplimiento y se añaden al análisis de restricciones. El último planificador es el encargado de ver el por qué del plan incompleto y dar una acción correctiva al problema.

Productividad

La productividad es una medida de la eficiencia de la gestión de recursos para completar un proyecto específico dentro de un plazo determinado y con un estándar de calidad. La productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos empleados. En la construcción existen diferentes clases de productividad de acuerdo con el tipo de recurso utilizado, productividad de los materiales, de la mano de obra y de la maquinaria y/o equipo, los cuales al interactuar representan la productividad de la construcción (Roxana, 2019).

Trabajos en productividad

- **Trabajo productivo (TP)**

Son los trabajos que aportan valor agregado y contribuyen directamente a la producción, es decir contribuye el avance de la obra.

- **Trabajo contributorio (TC)**

Son trabajos necesarios que contribuyen al desarrollo del trabajo productivo. Esta actividad es necesaria pero no aporta valor al producto terminado, es inherente a cualquier actividad de producción, se puede controlar y disminuir, mas no eliminar del todo. También es considerado como un tipo de pérdida de segunda categoría.

- **Trabajo no contributivo (TNC)**

Es cualquier trabajo que no contribuye al trabajo productivo, son actividades innecesarias y están en la categoría de pérdidas. Se puede disminuir y eliminar.

Ghio Castillo (2001) en su libro, “Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta”, presenta un estudio de productividad de obras de construcción en Lima, donde se analizaron 50 obras de edificación ejecutadas por empresas constructoras formalmente constituidas. Los resultados obtenidos de este estudio se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resultados generales de mediciones de ocupación del tiempo de 50 obras en Lima - Promedio en Lima

| VALORES | TC | TC | TNC |
|------------------|-----|-----|-----|
| Promedio en Lima | 28% | 36% | 36% |
| Mínimo TP | 20% | 35% | 45% |
| Máximo TP | 37% | 36% | 26% |

Fuente: Ghio Castillo (2001)

La tabla 1, muestra que del 100% del tiempo de trabajo de mano de obra solo el 28% es dedicado al trabajo productivo.

Así mismo, Ghio Castillo (2001) muestra los valores óptimos de la distribución del manejo del tiempo de trabajo de mano de obra y son; TP= 60%, TC=25% y TNC= 15%.

Carta Balance

Es una herramienta que mide el tiempo de trabajo en minutos (aproximadamente 30 min) en función a los recursos (mano de obra, equipos, etc.) que participan en una actividad estudiada. Los recursos son representados por barras las cuales se subdividen en el tiempo según la secuencia de actividades considerando los tiempos improductivos. Según Serpell (1990) citado por Roxana (2019) el objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente.

Para poder aplicar esta herramienta es necesario identificar cada uno de los procesos que involucran a una actividad y agruparlas cuál de ellas pertenecen a los tiempos productivos, tiempos contributivos y no contributivos. Así mismo, tener en cuenta que el número de obreros a analizar debe ser de 8 a 10 como máximo, ya que intentar medir un número excesivo de obreros sería engorroso. Se realiza la medición del trabajo por cada obrero en un intervalo de 1 min durante 30 min y dos veces como mínimo por cada actividad.

El resultado de la elaboración de la carta balance indica el porcentaje de las actividades que consumen más tiempo y recursos. Además, a través de los resultados se puede mejorar la producción tomando medidas correctivas como reasignando tareas, modificando las cuadrillas o implementar algún cambio tecnológico, con el cual se logre disminuir los trabajos contributivos y no contributivos, y analizar la productividad real de la obra (Roxana, 2019).

Comparación del Modelo Tradicional de Planificación y Last Planner System

Tabla 2. Comparación del modelo tradicional y Last Planner System

| | Modelo Tradicional | <i>Last Planner System</i> |
|---|--|--|
| Objeto | Afecta a productos y a servicios | Afecta todas las actividades |
| Alcance | Actividades de control | Gestión, asesoramiento y control |
| Modo de aplicación | Impuestas por la dirección | Por convencimiento y participación |
| Metodología | Detectar y corregir | Prevenir |
| Responsabilidad | Del Departamento de calidad | Compromiso de todos los miembros de la empresa |
| Clientes | Ajenos a la empresa | Externos e internos |
| Conceptualización de la producción | Consiste actividades de conversión y todas las actividades agregan valor al producto | Consiste en actividades de flujo y hay actividades que agregan valor al producto o que no |
| Control | Costo de las actividades | Dirigido hacia el costo, tiempo y control de los flujos |
| Mejoramiento | Implementación de nueva tecnología | Reducción de las tareas de flujo y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología |

Fuente: (Carranza Vásquez & Tejada Mariño, 2018)

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Casos de estudio

Estudio 01

En la tesis de Cornejo Lecaros, Gonzales Anco y Tapia Maldonado, titulada “Implementación de Last Planner System en actividades de concreto armado para proyectos de edificación industrial” determina la productividad de dos proyectos, donde en uno de los proyectos se aplica el sistema de construcción tradicional y en el otro la herramienta Last Planner System, a continuación, se detalla los resultados obtenidos respectivamente.

PROYECTO SIN LPS: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ALMACÉN DE JESÚS - SEAL.

En este caso los autores analizan la productividad de la mano de obra de un proyecto donde es ejecutado por el sistema de construcción tradicional, en las partidas de concreto armado tales como: encofrado, acero y concreto (de muros de contención, vigas y columnas).

Para el análisis de la productividad se usó la herramienta carta balance en un formato constante, con el cual se muestra el porcentaje por partida y se obtiene el total de TP, TC y TNC. Por último, se muestra una figura del porcentaje global de cada partida desde el más incidente hasta el menos incidente.

Resultados del proyecto sin LPS

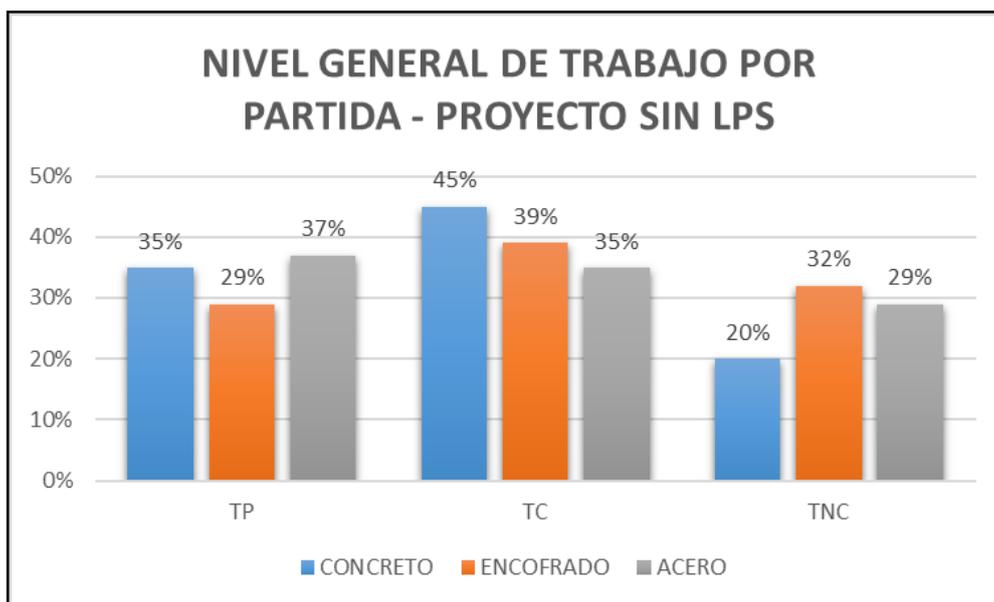


Figura 3. Nivel general de trabajo por partidas del proyecto sin LPS

Fuente: (Cornejo Lecaros et al., 2017)

En la figura 3, se puede visualizar el nivel de productividad de cada partida: concreto (TP=35%, TC=45% y TNC=20%), encofrado (TP=29%, TC=39% y TNC=32%) y acero (TP=37%, TC=35% y TNC=29%). Tras estudios realizados, Ghio Castillo menciona que los valores óptimos de trabajo son (TP=60%, TC=25% y TNC=15%), de acuerdo a esto se puede decir que las tres partidas tienen baja productividad.

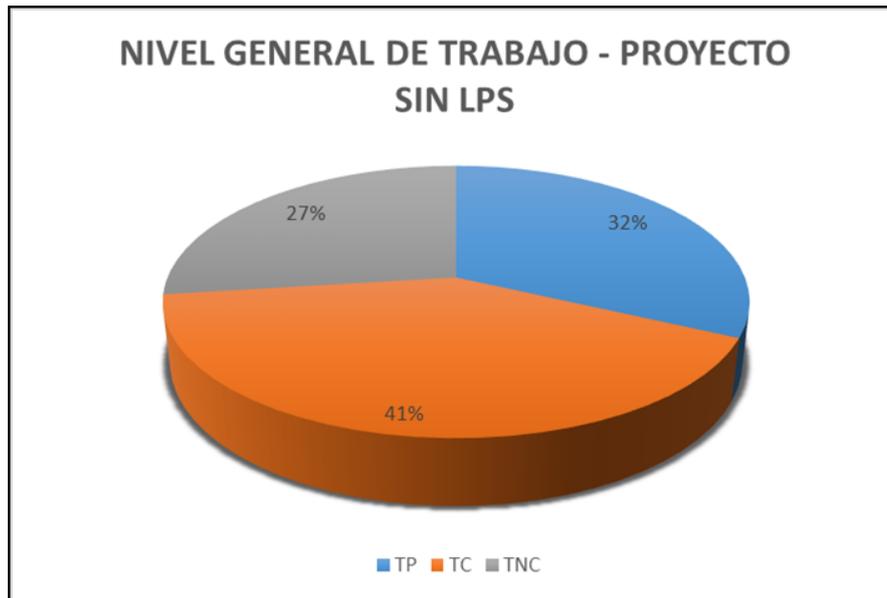


Figura 4. Nivel general de trabajo del proyecto sin LPS
Fuente: (Cornejo Lecaros et al., 2017)

Tabla 3. Comparación del nivel general de trabajo del proyecto sin LPS

| TIPO DE TRABAJO | NIVEL GENERAL DE TRABAJO | PROMEDIO EN LIMA |
|-----------------|--------------------------|------------------|
| TP | 32% | 28% |
| TC | 41% | 36% |
| TNC | 27% | 36% |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se visualiza el nivel general de actividades del proyecto sin LPS, donde TP=32%, TC=41% y TNC=27%, comparando con la tabla 1 se tiene lo siguiente:

- Trabajo productivo: el nivel de este trabajo es 4% superior al promedio en Lima de 28%.
- Trabajo contributorio: el nivel de este trabajo es 5% superior al promedio en Lima de 36%.
- Trabajo no contributorio: el nivel de este trabajo es 9% inferior al promedio en Lima de 36%.

En este proyecto, los porcentajes obtenidos son bajos y no varían mucho respecto al promedio en Lima, por lo que no alcanzan los valores óptimos de productividad (TP=60%, TC=25% y TNC=15%), por tal motivo se debe mejorar la planificación y control de obra, con el fin de alcanzar aquellos porcentajes.

PROYECTO CON LPS: OBRA GRUESA TERMINACIONES, INSTALACIONES ELÉCTRICAS, SANITARIAS, SEGURIDAD, INSTALACIONES AIRE COMPRIMIDO, ESTRUCTURAS METÁLICAS– CONSTRUCCIÓN DE ALMACÉN DE MAQUINARIAS.

En este estudio los autores analizan los tiempos de trabajo en un proyecto donde fue ejecutado con la herramienta LPS, en las partidas de concreto armado tales como encofrado, acero y concreto (de muros de contención y pedestales de nave industrial). Para el análisis de la productividad de la misma forma que con el método tradicional se usó la herramienta carta balance para todas las partidas estudiadas. Los porcentajes determinados se muestran en las siguientes figuras:

Resultados del proyecto con LPS

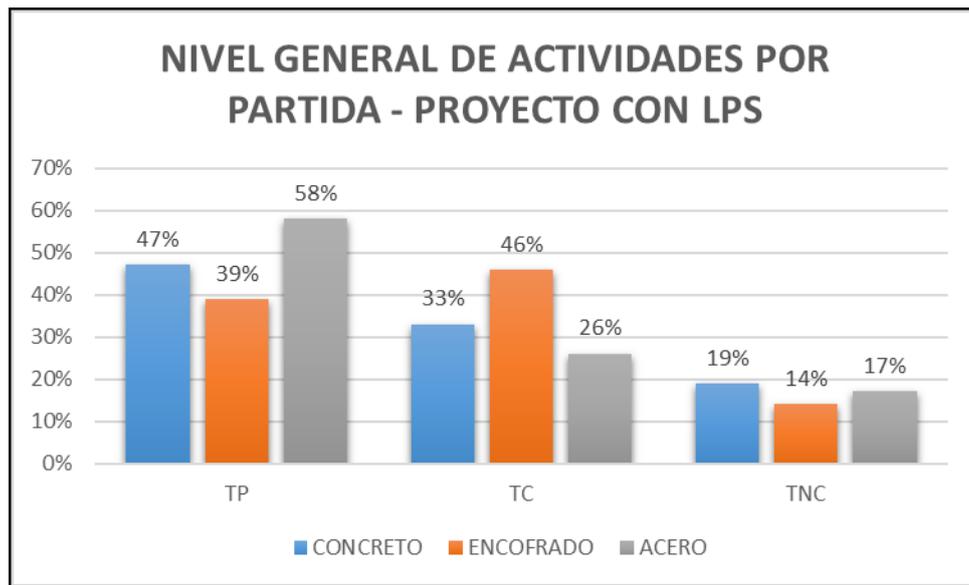


Figura 5. Nivel general de trabajo por partidas del proyecto con LPS
Fuente: (Cornejo Lecaros et al., 2017)

En la figura 5, se puede visualizar el nivel de productividad de cada partida: concreto (TP=47%, TC=33% y TNC=19%), encofrado (TP=39%, TC=46% y TNC=14%) y acero (TP=58%, TC=26% y TNC=17%). Analizando los resultados de las tres partidas, la partida de acero y concreto son productivos, aunque no llega al valor óptimo TP=60%, pero sí se aproximan; con respecto a la partida de encofrado, este resultó ser menos productivo ya que el TP es inferior al TC, el cual el autor justifica que fue debido a que el punto de almacén de los encofrados ha sido ubicado en una zona alejada del lugar de trabajo.

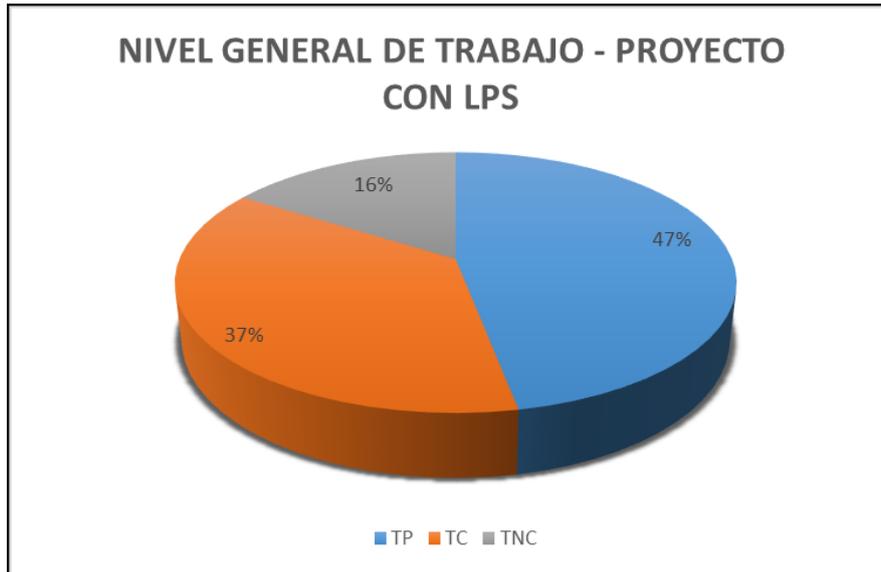


Figura 6. Nivel general de trabajo del proyecto con LPS
Fuente: (Cornejo Lecaros et al., 2017)

Tabla 4. Comparación del nivel general de trabajo del proyecto con LPS

| TIPO DE TRABAJO | NIVEL GENERAL DE TRABAJO | VALOR ÓPTIMO |
|-----------------|--------------------------|--------------|
| TP | 47% | 60% |
| TC | 37% | 25% |
| TNC | 16% | 15% |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4, se tiene el nivel general de trabajo del proyecto con LPS, donde TP=47%, TC=37% y TNC=16%, comparando estos resultados con los valores óptimos del libro de Ghio Castillo se tiene lo siguiente:

- Trabajo productivo: el nivel de este trabajo es 13% inferior al valor óptimo de 60%.
- Trabajo contributivo: el nivel de este trabajo es 12% superior al valor óptimo de 25%.
- Trabajo no contributivo: el nivel de este trabajo es 1% superior al valor óptimo de 15%.

Los resultados obtenidos indican que el proyecto con LPS es productivo a comparación con el proyecto sin LPS, ya que están próximos a los valores óptimos de productividad.

Estudio 02

En la tesis de Pirca Macetas, Grover y Pirca Macetas, Jonathan titulada APLICACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER SYSTEM EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA: “DIRECCIÓN REGIONAL DE EDUCACIÓN DE HUANCVELICA”, se determina la productividad en las actividades de acero en muros, encofrado losa-muro, vaciado de muro-losa, muro de ladrillo y tarrajeo en la obra “Mejoramiento de la prestación de los servicios de la Dirección Regional de Educación del Departamento de Huancavelica”. Para el cual los tesisistas realizan un diagnóstico de los problemas suscitados durante el comienzo de la ejecución de la obra, es decir determinan la productividad sin aplicar LPS para así poder plantear soluciones eficientes a fin de demostrar que el sistema Last Planner es efectivo. A continuación, se muestran los resultados.

Resultado del proyecto sin LPS



Figura 7. Nivel general de trabajo por partida del proyecto sin LPS

Fuente: (Pirca Maceta & Pirca Maceta, 2019)

En la figura 7, se presenta los resultados del nivel general de trabajo por partida, donde se observa altos porcentajes de trabajos productivos y bajos porcentajes de trabajos contributivos y no contributivos, dentro de ellos la partida de tarrajeo es más productiva ya que se aproxima a los valores óptimos.

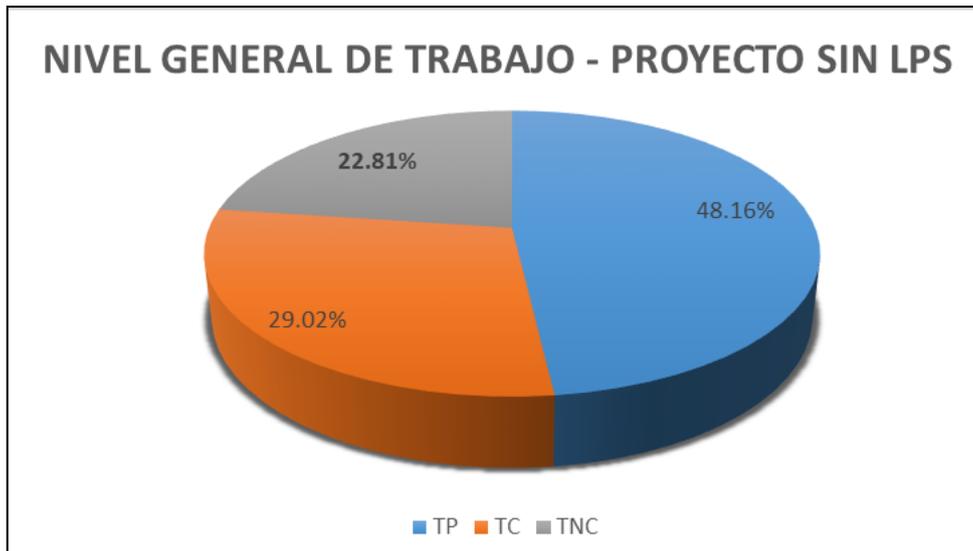


Figura 8. Nivel general de trabajo del proyecto sin LPS
Fuente: (Pirca Maceta & Pirca Maceta, 2019)

Tabla 5. Comparación del nivel general de trabajo del proyecto sin LPS

| TIPO DE TRABAJO | NIVEL GENERAL DE TRABAJO | PROMEDIO EN LIMA |
|-----------------|--------------------------|------------------|
| TP | 48.16% | 28% |
| TC | 29.02% | 36% |
| TNC | 22.81% | 36% |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, se visualiza el nivel general de trabajo del proyecto sin LPS, donde TP=48.16%, TC=29.02% y TNC=22.81%, comparando con la tabla 1 se tiene lo siguiente:

- Trabajo productivo: el nivel de este trabajo es 20.16% superior al promedio en Lima de 28%.
- Trabajo contributorio: el nivel de este trabajo es 6.98% inferior al promedio en Lima de 36%.
- Trabajo no contributorio: el nivel de este trabajo es 13.19% inferior al promedio en Lima de 36%.

En este proyecto, se obtuvieron resultados superiores al promedio en Lima, sin embargo, no alcanzan los valores óptimos (TP=60%, TC=25% y TNC=15%), por tal motivo se debe mejorar la planificación y control de obra, con el fin de alcanzar aquellos porcentajes.

Resultado del proyecto con LPS

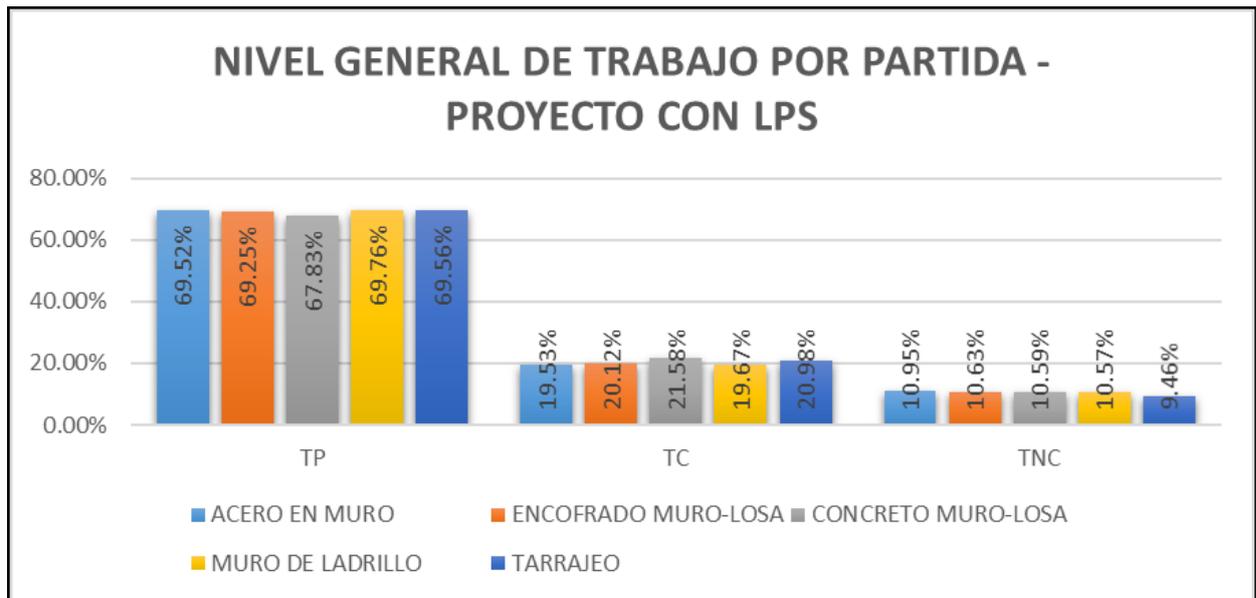


Figura 9. Nivel general de trabajo por partida del proyecto con LPS
Fuente: (Pirca Maceta & Pirca Maceta, 2019)

En la figura 9, se muestra el nivel general de trabajo por partida del proyecto con LPS, donde se puede observar altos porcentajes de trabajo productivo y bajos porcentajes de trabajos contributorios y no contributorios, dentro de ellos la partida de muro de ladrillo es más productiva.

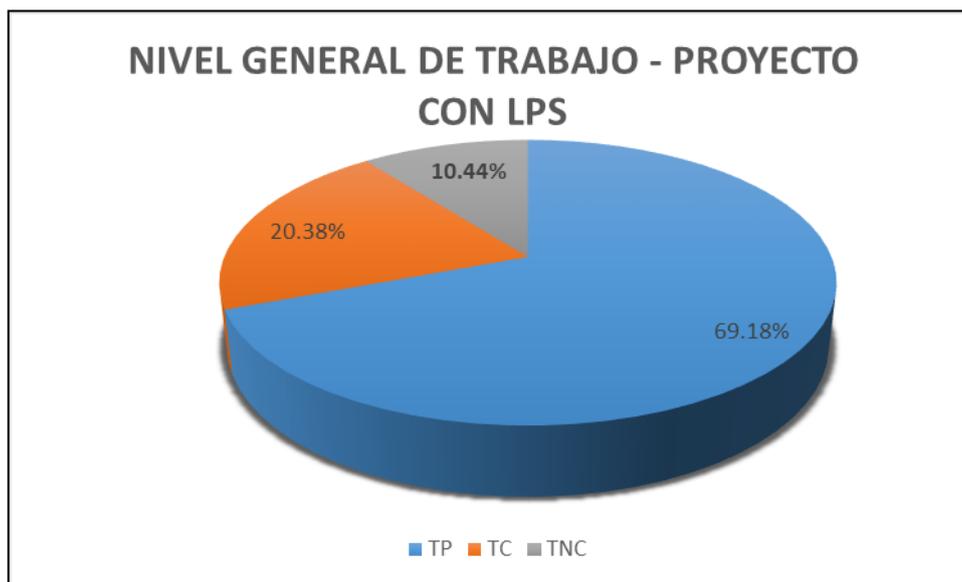


Figura 10. Nivel general de trabajo del proyecto con LPS
Fuente: (Pirca Maceta & Pirca Maceta, 2019)

Tabla 4. Comparación del nivel general de trabajo del proyecto con LPS

| TIPO DE TRABAJO | NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES | VALOR ÓPTIMO |
|-----------------|------------------------------|--------------|
| TP | 69.18% | 60% |
| TC | 20.38% | 25% |
| TNC | 10.44% | 15% |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se visualiza el nivel general de trabajo del proyecto con LPS, donde TP=69.18%, TC=20.38% y TNC=10.44%, comparando estos resultados con los valores óptimos del libro de Ghio Castillo se tiene lo siguiente:

- Trabajo productivo: el nivel de trabajo es 9.18% superior al valor óptimo de 60%.
- Trabajo contributorio: el nivel de este trabajo es 4.62% inferior al valor óptimo de 25%.
- Trabajo no contributorio: el nivel de este trabajo es 4.56% inferior al valor óptimo de 15%.

Los resultados muestran que los niveles de trabajo obtenidos del proyecto son superiores a los valores óptimos, esto indica la adecuada implementación del Sistema Last Planner y su efectividad.

Comparativo de los casos de estudio

Tabla 7. Resumen de niveles de trabajo de los casos de estudio

| TIPO DE TRABAJO | ESTUDIO 01 | | ESTUDIO 02 | | VALOR ÓPTIMO |
|--------------------------------|------------|---------|------------|---------|--------------|
| | SIN LPS | CON LPS | SIN LPS | CON LPS | |
| Trabajo Productivo (TP) | 32% | 47% | 48.16% | 69.18% | 60% |
| Trabajo Contributorio (TC) | 41% | 37% | 29.02% | 20.38% | 25% |
| Trabajo No Contributorio (TNC) | 27% | 16% | 22.81% | 10.44% | 15% |

Fuente: Elaboración propia

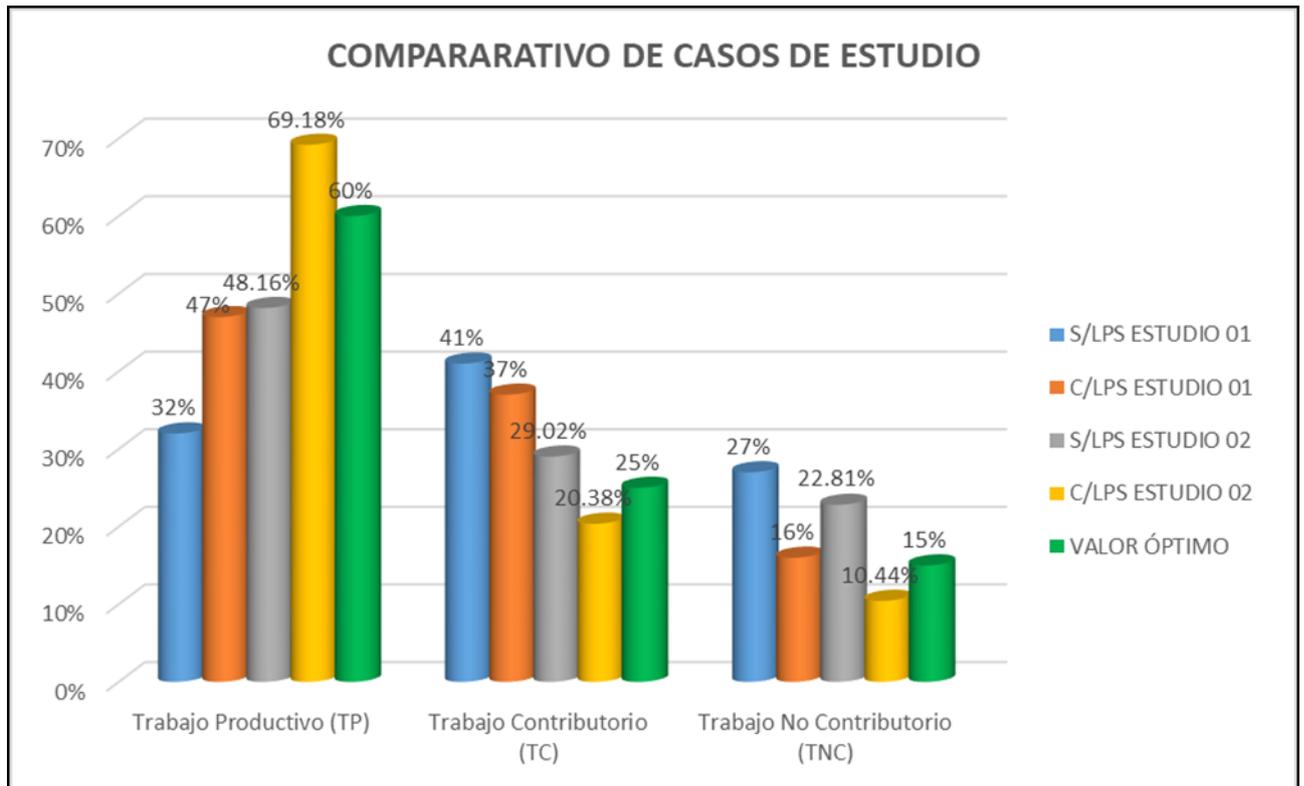


Figura 11. Comparativo de los casos de estudio

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11, se muestra un comparativo general de los casos de estudio donde se puede observar lo siguiente:

- En los estudios 01 y 02 sin LPS, existe baja productividad, ya que fueron ejecutados por el sistema de construcción tradicional.
- En los estudios 01 y 02 con LPS, existe un incremento de productividad; siendo más productivo el estudio 02 porque sobrepasa los valores óptimos esto se logró mejorando la planificación y control de obra, reduciendo los trabajos contributorios y no contributorios.

CONCLUSIONES

Se logró realizar el análisis de la productividad de la mano de obra de proyectos de edificación, que utilizaron el sistema de construcción tradicional y el sistema Last Planner, del cual se concluye que los proyectos con LPS tienen alta productividad más por el contrario los proyectos sin LPS tienen baja productividad, esto indica que el Last Planner System mejora la planificación y control de obra disminuyendo las principales fuentes de pérdidas en los procesos de producción (TC y TNC).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar la herramienta Last Planner System con Modelos BIM.
- Se recomienda implementar la herramienta Last Planner System en la fase de diseño.

REFERENCIAS

- Álvarez Pérez, M. Á., Severino Soler, M., & Armiñana Pellicer, E. (2019). *An improvement in construction planning : Last Planner System* ®.
- Andrade, M., & Arrieta, B. (2010). *Last planner en subcontrato de empresa constructora*. 36–52.
- Carranza Vásquez, R. J., & Tejada Mariño, C. Y. (2018). *Estudio comparativo de la implementación del last planner system y el sistema tradicional en la construcción de una tienda comercial makro supermayorista, Comas - Lima*.
- Ccorahua Chirinos, E. (2016). “*Estudio del rendimiento y productividad de la mano de obra en las partidas de asentado del muro de ladrillo, enlucido de cielo raso con yeso y tarrajeo de muros en la construcción del condominio residencial Torre del Sol.*” UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.
- Cornejo Lecaros, K. F., Gonzales Anco, F. A., & Tapia Maldonado, V. S. (2017). *Implementación de Last Planner System en actividades de concreto armado para proyectos de edificación industrial*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2018). *Evolución e impacto mundial del Last Planner System : una revisión de la literatura Evolution and global impact of the Last Planner System : a literature review*. 3461.
- Kassab, O. A., & Young, B. K. (2020). *IMPLEMENTATION OF LAST PLANNER* ® *SYSTEM IN AN INFRASTRUCTURE PROJECT*. 517–528.
- Maykol Miranda Mejia, E. T. y R. G. (2020). *EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EN LA ETAPA DE ACABADOS - ARQUITECTURA EN PERÚ EN EL AÑO DE 2019*. 20(1), 193–213. <https://doi.org/10.23881/idupbo.020.1-14i>
- Pirca Maceta, G., & Pirca Maceta, J. (2019). *Aplicación del sistema Last Planner System en el proceso de planificación de la obra: “Dirección Regional de Educación de Huancavelica”* [Universidad Nacional de Huancavelica]. [http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2515/TESIS-SEG-ESP-FED-2019-GUIDOTTI CAMARENA Y GRANADOS AQUINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2515/TESIS-SEG-ESP-FED-2019-GUIDOTTI_CAMARENA_Y_GRANADOS_AQUINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Roxana, P. B. (2019). “*Evaluación de la productividad usando Last Planner System en la construcción de una institución educativa.*” UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES.