

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

**EFFECTO DEL LAST PLANNER SYSTEM EN LA PRODUCTIVIDAD TOTAL
DE LOS FACTORES EN PROYECTOS DE OBRAS VIALES.**

Autor: Dennis Santiago Parra Guzmán

Tutor: Ing. Ángel Edmundo Paredes García, Mgtr

Riobamba – Ecuador

Año 2019

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “EFECTO DEL LAST PLANNER SYSTEM EN LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES EN PROYECTOS DE OBRAS VIALES” presentado por: el señor **Dennis Santiago Parra Guzmán** y dirigida por: el **Ing. Ángel Edmundo Paredes García, Mgtr.** Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo. Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Paredes, Mgtr
Director del proyecto

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Ángel Paredes', written over a horizontal dotted line.

Firma

Ing. Tito Castillo, PhD
Miembro del Tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Tito Castillo', written over a horizontal dotted line.

Firma

Ing. Oscar Paredes, Mgtr
Miembro del Tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Oscar Paredes', written over a horizontal dotted line.

Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Ángel Edmundo Paredes García, Mgtr**, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “EFECTO DEL LAST PLANNER SYSTEM EN LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES EN PROYECTOS DE OBRAS VIALES”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigado, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al **señor Dennis Santiago Parra Guzmán** para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



Ing. Ángel Edmundo Paredes García, Mgtr
TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación corresponde exclusivamente al señor Dennis Santiago Parra Guzmán e Ing. Ángel Edmundo Paredes García, Mgtr; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....

Dennis Santiago Parra Guzmán

C.I. 060395315-9

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios nuestro padre y creador por permitirme culminar esta etapa muy importante de mi vida.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Civil, y un reconocimiento especial al Ing. Ángel Paredes, Mgtr; Ing. Tito Catillo, PhD; Ing. Oscar Paredes, Mgtr; por su calidad humana y profesional, por la paciencia, apoyo y animo que me brindaron para el desarrollo de esta investigación.

Y de igual forma a mis distinguidos maestros perseverantes en su labor con sus conocimientos y experiencias que fomentaron el rompimiento de esquemas mentales tradicionales cimentando estrategias y principios innovadores y actualizados.

A mis amigos, que incansables con su deseo ferviente de superación también permitieron llegar a este objetivo.

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional por estar en todo momento dándome ánimo para continuar perseverando y para llegar a cumplir con mi más grande anhelo.

DEDICATORIA

A mis padres sinónimos de amor, comprensión y respaldo incondicional, a mis hermanos por estar siempre junto a mí en todo momento, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis compañeros y amigos que me permitieron compartir durante todo el tiempo de estudio muchas experiencias y anécdotas que quedaran grabadas en mi corazón.

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| REVISIÓN..... | ii |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR..... | iii |
| AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| CONTENIDO | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | x |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 2.1 General | 4 |
| 2.2 Específicos | 4 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 3.1 Last Planner System..... | 5 |
| 3.2 Productividad en la industria de la construcción..... | 9 |
| 3.3 Tipos de productividad en la industria de la construcción..... | 9 |
| 3.4 Productividad total de los factores | 10 |
| 4. METODOLOGÍA..... | 12 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 17 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 31 |
| 6.1 Conclusiones | 31 |

| | | |
|-----|---|----|
| 6.2 | Recomendaciones..... | 32 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA | 33 |
| 8. | ANEXOS | 36 |
| 8.1 | Anexo de formularios para la implementación del SUP..... | 36 |
| 8.2 | Anexo de registro de levantamiento de datos durante la implementación. | 39 |
| 8.3 | Anexo de correlación entre el PPC y la PTF..... | 40 |
| 8.4 | Anexo costos reales de la mano de obra y la tarifa de la maquinaria. | 41 |
| 8.5 | Anexo productividad total de los factores..... | 44 |
| 8.6 | Anexo fotográfico | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Comparativo de la planificación Tradicional vs Implementación LPS..... | 5 |
| Figura 2. Esquema de metodología..... | 12 |
| Figura 3. Tendencia del PPC | 18 |
| Figura 4. Causas de no cumplimiento..... | 20 |
| Figura 5. Productividad mano de obra..... | 21 |
| Figura 6. Productividad equipos..... | 22 |
| Figura 7. Productividad materiales..... | 24 |
| Figura 8. Tendencia de la PTF | 25 |
| Figura 9. Tendencia de la PTF y PPC..... | 27 |
| Figura 10. Tendencia de la PTF y el PPC..... | 30 |
| Figura 11. Capacitación de la implementación del SUP al personal encargado..... | 45 |
| Figura 12. Proyecto, reasfaltado de la calle Gaspar de Villarroel..... | 45 |
| Figura 13. Reunión de planificación..... | 46 |
| Figura 14. Tablero de la planificación semanal..... | 46 |
| Figura 15. Reunión de planificación y recolección de datos de la semana anterior..... | 47 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Porcentaje de plan cumplido..... | 19 |
| Tabla 2. Productividad Mano de Obra..... | 21 |
| Tabla 3. Productividad Maquinaria y Equipo..... | 23 |
| Tabla 4. Productividad Materiales..... | 24 |
| Tabla 5. Productividad Total de los Factores..... | 26 |
| Tabla 6. Test de normalidad Shapiro-Wilk..... | 28 |
| Tabla 7. Correlación de Spearman, mano de obra..... | 28 |
| Tabla 8. Correlación de Spearman, maquinaria y equipo..... | 28 |
| Tabla 9. Correlación de Spearman, materiales..... | 29 |
| Tabla 10. Plan Maestro..... | 36 |
| Tabla 11. Planificación Intermedia..... | 36 |
| Tabla 12. Planificación Semanal..... | 37 |
| Tabla 13. Causas del no cumplimiento..... | 38 |
| Tabla 14. Tablero de actividades..... | 38 |
| Tabla 15. Resumen del PPC..... | 39 |
| Tabla 16. Total cobrado por semana..... | 39 |
| Tabla 17. Total gastado por semana..... | 39 |
| Tabla 18. Gastos de los tres factores de producción..... | 40 |
| Tabla 19. Correlación de Spearman..... | 40 |
| Tabla 20. Costo hora mano de obra..... | 41 |
| Tabla 21. Depreciación maquinaria..... | 42 |
| Tabla 22. Tarifa maquinaria..... | 43 |
| Tabla 23. Cobro de los tres factores de producción..... | 44 |
| Tabla 24. Productividad Total de los Factores..... | 44 |

RESUMEN

El Last Planner System o Sistema del Último Planificador (SUP) es una herramienta del Lean construction para la gestión de proyectos que permite planificar y controlar el flujo de trabajo para optimizar recursos. Por otra parte la Productividad Total de los Factores (PTF) es un indicador que se emplea en procesos donde intervienen varios factores productivos como mano de obra, materiales, maquinaria y equipo, representa la eficiencia productiva con que es utilizada una unidad de factor, es decir el resultado del cociente entre lo ganado y lo gastado. En varios estudios se ha implementado el SUP, en viviendas, puentes, hospitales y edificios, sin embargo no se ha encontrado mucha información de su aplicación en proyectos de obras viales, tampoco de la medición de la PTF, es por esto que se desconoce el efecto del SUP en los tres factores de producción, en la construcción de vías. La presente investigación tiene como finalidad verificar el efecto del Last Planner System en la Productividad Total de los Factores, para lograr este objetivo se implementó hasta la quinta actividad del SUP en un proyecto de obra vial y se midieron indicadores de cumplimiento de planificación, además se midió la productividad de los tres factores productivos, mediante el cálculo del cociente entre lo que se gasta y lo que se gana de cada uno de ellos expresado en porcentaje, para el efecto se levantó datos en obra. El análisis de los datos evidenció que en este caso no existe una relación directa entre el Last Planner System y la Productividad Total de los Factores, es decir de la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo.

Palabras claves: Sistema del Último Planificador, Productividad Total de los Factores, Factores de producción, Obra vial.

ABSTRACT

The Last Planner System (LPS) is a tool of Lean construction for project management that allows planning and controlling the work flow to optimize resources. On the other hand the total productivity of the factors (PTF) is an indicator that is used in processes where several productive factors intervene as labor materials, machinery and equipment, represents the productive efficiency with which is used a unit of a factor. In other words, the result of the quotient between what has been earned and what has been spent in the SUP has been implemented in homes, bridges, hospitals and buildings. However, there has not been much information about its application in road works projects, nor about the measurement of TFP, which is why the effect of the SUP in the three factors of production, in the construction of roads. The purpose of this research is to verify the effect of the Last Planner System on the Total Productivity of the Factors, in order to achieve this objective, it was implemented until the fifth activity of the SUP in a road work project and indicators of compliance with the planning were measured. The productivity of the three productive factors, by calculating the quotient between what is spent and what is earned from each of them, expressed as a percentage, for the effect data was collected on site. The analysis of the data showed that the Last Planner System improves the Total Productivity of the Factors, which is to say of the manpower, materials, machinery and equipment.

Keywords: Last Planner System, Total Productivity of Factors, Production factors, Road work.



Reviewed by: Chávez, Maritza

Language Center Teacher



1. INTRODUCCIÓN

La raíz de muchos de los problemas que confrontan las obras radica en el esquema tradicional de planificación de la producción, por lo cual la nueva filosofía Lean Construction ha desarrollado una herramienta denominada Last Planner o Último Planificador (UP) que es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos de construcción (Fernández, Alarcón, & Pellicer, 2011). Actualmente, está siendo utilizado por cientos de constructoras alrededor del mundo, en Latinoamérica especialmente en Chile, Brasil y Colombia, su implementación ha sido exitosa (Ebbs, 2017). Se ha implementado en la construcción de viviendas (Howell, 2002), edificios (Fiallo & Revelo, 2002), puentes (Carrillo & Plaza, 2017).

A pesar de que en todo el mundo ya se ha aplicado el Sistema del Último Planificador (SUP) en diferentes tipos de proyectos de construcción, no se ha encontrado suficiente información de la implementación en la construcción de proyectos de obras viales.

La productividad indica la eficiencia con que los recursos son utilizados para efectuar una actividad en específico dentro de un tiempo determinado, puede ser expresado como la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados (Ayala & Temoche, 2017).

Por otra parte la Productividad Total de los Factores (PTF) es un indicador que se emplea en procesos donde intervienen varios elementos o factores productivos como la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo, refiere a la eficiencia productiva con que es utilizada una unidad de factor por tanto implica un consiente entre lo ganado y lo gastado. Se analiza, desde una perspectiva macroeconómica (Cárdenas & Hernandez, 2006; Cárdenas & Quintero, 2004; Junguito, López, Misas, & Sarmiento, 1995). Estos autores utilizan modelos econométricos con ecuaciones de oferta y demanda (Jorge Moreno, López Robayo & Díaz Castro, 2014). Además la

medición de la productividad de los diferentes factores que intervienen en el proceso, evalúa el cambio en los factores de producción, mediante la estimación de un cociente, que se utiliza para representar el término productividad de los factores que se conoce actualmente (INEGI, 2014).

No se ha encontrado mucha información de los factores que interviene en la PTF como son: la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo; en proyectos de obras viales.

En Ecuador, Fiallo & Revelo (2002) desarrollaron la implementación del Last Planner System (LPS) en un conjunto residencial en la ciudad de Quito, en donde se destaca una mejora en el Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC) del 41% en la primera semana hasta un 91% en la quinta semana, con un promedio durante el período de ejecución del 62%, también se implementó en la construcción de un conjunto residencial ubicado al norte de la ciudad de Loja, en el cual se obtuvo un PAC promedio del 86% y se logró incrementar el rendimiento de las cuadrillas generando ahorros en mano de obra (Ocampo, 2011).

El SUP se enfoca más a la productividad de la mano de obra, incrementa el rendimiento y genera ahorro, esto puede afectar a los materiales, maquinaria y equipo. Es por esto que se vuelve de interés implementar el SUP y medir la PTF en un proyecto de obra vial, puesto que en otro tipo de proyectos la aplicación de la metodología SUP ha dado buen resultado.

El objetivo de esta investigación es determinar cuál es el efecto del Last Planner System en la productividad total de los factores en una obra vial a corto plazo.

Para ello se implementó en una obra vial de una constructora local, cinco actividades de las quince que indica el SUP: la formalización del proceso de planificación y control, la estandarización de las reuniones de planificación a corto plazo, uso de dispositivos visuales para difundir información en el sitio de construcción, acciones correctivas basadas en las causas del no cumplimiento de los planes y el análisis crítico de datos durante ocho semanas. Se estableció las

actividades a realizarse semanalmente, se designó a los responsables para cada una de las actividades y se estableció el compromiso del ultimo planificador, se corrigió las restricciones, verificando los motivos de cada uno y se realizó el análisis crítico de datos con los encargados del proyecto, según lo recomienda la metodología se midieron indicadores como el porcentaje del plan cumplido (PPC) que se calcula como el número de actividades que se completaron dividido para el número de actividades programadas que es presentada en porcentaje, se indicaron las causas del no cumplimiento (CNC), y se midió la productividad de los tres factores, es decir de la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo, obteniéndose un cociente porcentual entre la ganancia y lo gastos generados, para ello se verificó en obra lo que realmente se gastó y lo que se va a ganar por cada factor de producción, con lo cual se estableció el efecto del Last Planner System en la Productividad Total de los Factores.

El presente trabajo beneficia a los contratistas ya que mide el efecto del SUP en la PTF, de la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo, que son factores de producción directos, lo que les permite mejorar el control del proceso productivo en la construcción de proyectos de obras viales.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar el efecto del Last Planner System en la Productividad Total de los Factores en un proyecto de obra vial.

2.2 Específicos

Implementar el SUP en un proyecto de obra vial.

Medir la Productividad Total de los Factores en un proyecto de obra vial.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Last Planner System

Orihuela & Ulloa (2011) indican que el enfoque del Lean Construction ha desarrollado diversas herramientas dirigidas a reducir las pérdidas ocasionadas por la planificación tradicional, la cual se basa en conceptos erróneos e información no confiable. Investigaciones recientes han permitido determinar que el SUP muestra efectos positivos en la estabilización de los flujos de trabajo, mejoras en el retorno de los proyectos, reducción de los plazos y costos de proyectos en que se ha realizado una implementación exitosa (Lagos, 2017). Planificar consiste en determinar lo que “debería” hacerse para completar un proyecto y decidir lo que “se hará” en un cierto período de tiempo, debe reconocerse que debido a restricciones no todo “puede” hacerse, produciéndose retrasos de forma reiterada. Es fundamental que antes de decidir lo que “se hará” se tenga un conocimiento adecuado de lo que “puede” hacerse. Para ello, se determina un inventario de actividades en el programa semanal de ejecución de obra, delegando en cada una de ellas el principal responsable para primero identificar lo que “puede” hacerse y posteriormente acordar lo que realmente “se hará” (Fernández et al., 2011).

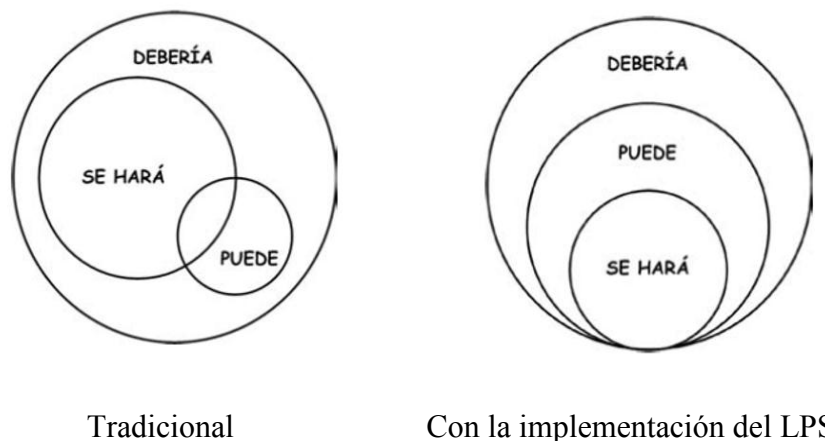


Figura 1. Comparativo de la planificación Tradicional vs Implementación LPS

Fuente: (Fernández et al., 2011).

La productividad es una de las variables más importantes e influyentes en las actividades de producción económica ya que los niveles de productividad más altos permiten a los constructores aumentar simultáneamente rentabilidad, mejorar la competitividad y pagar salarios más altos a los trabajadores, completando las actividades en el tiempo proyectado (Kisi, 2015).

Según Fernandez et al. (2011) el Last Planner es una herramienta de planificación la cual considera todas las variables específicas del proyecto como: la posibilidad de existencias por parte de los proveedores, la indefinición de diseños y requerimientos, los problemas de disponibilidad de mano de obra, los problemas administrativos o los rendimientos incorrectamente estimados. Para la planificación de un proyecto se define criterios de asignación que se consideran compromisos, se elabora el plan maestro que define las tareas que deberían hacerse e incorpora la planificación de todas las actividades del proyecto, fijando los hitos que son acontecimientos importantes, exigidos para el cumplimiento de los plazos establecidos. Para la adecuada elaboración del plan maestro es necesario identificar a los responsables del cumplimiento de cada una de las actividades del programa como los proveedores, subcontratistas, supervisores y todas las personas que intervienen en el desarrollo del proyecto (Orihuela & Ulloa, 2011). Esta planificación permite analizar el cumplimiento de la programación intermedia y semanal (Ocampo, 2011). Para el desarrollo del plan maestro se utilizó el Anexo 1.

La planificación intermedia trabaja con actividades que abarcan un periodo de cuatro a seis semanas ajustándose al plan maestro, para realizar un análisis de las restricciones con el objetivo de producir asignaciones liberadas y listas para poder programarse semanalmente (Orihuela & Ulloa, 2011). Según Montecino (2007) se debe coordinar todo lo necesario para que una actividad se pueda realizar, como el diseño, proveedores, mano de obra, la información y los requisitos previos.

Posteriormente se registró la planificación semanal (PS) que se encarga de definir lo que se “hará” durante la semana entrante en función de las actividades cumplidas en la PS finalizada, para poder llevar a cabo de manera adecuada la PS es conveniente establecer reuniones con todos los involucrados en la ejecución del proyecto, desde representantes de la dirección, proveedores, subcontratistas implicados, hasta los jefes de cuadrilla donde es recomendable que la reunión no supere los 45 minutos, lo primero que se realiza es el análisis del cumplimiento de la planificación vencida reconociendo cuales fueron las CNC y el PPC de la planificación (Fernández et al., 2011). Una práctica recomendada para transmitir la información a todos los involucrados, es colocar la PS en un lugar visible en el proyecto, para llevar a cabo esto se coloca un tablero ver (Anexo 5). Con ayuda de las tarjetas que son entregadas a los responsable de desarrollar cada una de las actividades; siendo diferenciados por colores, son llenadas con la descripción de las tareas que deben ejecutar y con las que deben estar realizadas, para ser colocadas en el tablero de acuerdo a la secuencia de trabajo (Orihuela & Ulloa, 2011). Además, Montecino (2007) define que las principales características que hacen que la asignación sea de calidad son: actividades bien definidas, la secuencia de las actividades planteadas deben ser lógicas, seleccionar la cantidad correcta de trabajo y que los prerrequisitos que tenga la actividad ya deben haber finalizado, estos aspectos quieren decir que el trabajo antecesor debe estar realizado y que los recursos estén disponibles.

El SUP mide el desempeño de la planificación a través del porcentaje del plan cumplido (PPC) que consiste en la medición del desarrollo de la planificación (Díaz, 2007), que divide el número de actividades completadas (lo que realmente se hizo en obra), para el total de actividades programadas (planificación inicial), para la misma semana. Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación.

$$PPC = \frac{\#Actividades\ cumplidas}{\#Actividades\ programadas} * 100$$

Según Howell (2002) un buen desempeño del indicador PPC está por encima del 80% y un desempeño pobre está por debajo del 60%.

Además, las CNC representan las causas por las cuales el plan de trabajo semanal no es completado según lo que se programó, estas deben ser claras para realizar un análisis crítico.

Existen varios estudios de la implementación del SUP relacionados con puentes, viviendas, edificios, hospitales de los cuales miden el PPC y las CNC. Por ejemplo, en un estudio de un conjunto de viviendas, el resultado promedio del PPC fue del 62% y las principales CNC fueron el cambio de prioridades y la falta de recursos que abarcaron un 54% (Fiallo & Revelo, 2002). Otro estudio desarrollado en la construcción de un edificio habitacional, encuentra un promedio del PPC de 75%, las CNC fueron, el cambio de prioridades con el 28% y motivos climáticos con el 22% (Díaz, 2007). Así mismo en un estudio de la construcción de 5 puentes, establecen una tendencia de alrededor del 80% del PPC y las CNC que existieron son: la disponibilidad de la maquinaria, los suministros, el clima, la planificación adelantada, la falta y agotamiento del personal, y problemas de diseño (Carrillo & Plaza, 2017).

Después de la revisión literaria de los autores mencionados anteriormente acerca de la implementación del SUP, se puede resumir que son varias las CNC que afectan al PPC, en los distintos proyectos de construcción, siendo las causas más comunes el clima, cambio de prioridades y los recursos, sin embargo no se encontró suficiente información sobre la implantación de esta herramienta en proyectos de obras viales.

Por otra parte Ocampo (2011) señala que el SUP ayudó a incrementar el rendimiento de las cuadrillas en un 26%, reduciendo la remuneración en mano de obra, esto genera una ganancia en

dinero el cual sirve para proporcionar incentivos a los trabajadores para que se vea reflejado en la culminación a tiempo del proyecto.

3.2 Productividad en la industria de la construcción

La productividad en la construcción se puede hacer referencia a la eficacia de los recursos utilizados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido, puede ser expresado como la relación entre la cantidad producida (medido como m², m³, ml, kg, etcétera) y los recursos empleados (horas hombre, horas máquina, cantidad de materiales, etcétera), también comprende la utilización óptima de recursos y el cumplimiento de objetivos (Ayala & Temoche, 2017).

De igual manera Ayala & Temoche (2017) mencionan que para efectos de control se debe considerar como recursos los costos unitarios estimados (análisis de precios unitarios teóricos), y el costo unitario real (gastos reales de ejecución).

$$CPI = \frac{\text{Costo ganado}(\$)}{\text{Costo real}(\$)} * 100$$

CPI = Índice de Rendimiento de Costos

3.3 Tipos de productividad en la industria de la construcción

Se puede identificar cuatro tipos de productividad en la industria de la construcción que se clasifican en:

- A. Productividad de Mano de Obra
- B. Productividad de Equipos
- C. Productividad de Materiales
- D. Productividad Total de los factores (Ayala & Temoche, 2017).

3.4 Productividad total de los factores

La Productividad Total de los Factores (PTF) es la relación entre la producción obtenida por un factor y los recursos utilizados para obtenerla, estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros recursos (Martínez & Serpell, 1990). Además según Serpell (1986) la productividad en la ejecución de los proyectos de construcción es afectada por un gran y variado número de factores, cuyo efecto no siempre es fácil de identificar y/o cuantificar la mayoría de veces tienden a responsabilizar a la mano de obra y desvían su atención de otros factores que tienen una mayor participación en este aspecto.

La PTF cuantifica el costo de la mano de obra, de los equipos, y de los materiales invertidos para realizar una determinada unidad de producción, para ello se verifica en obra lo que realmente se gasta y lo que se gana por cada uno de ellos (Chau & Walker, 2006). Para lo cual se aplica la siguiente ecuación.

$$PTF = \frac{\text{Costo}(MO+EQ+MAT) \$}{\text{Producción \$}}$$

PTF: Productividad Total de los Factores.

Costo (MO): Gasto generado de la mano de obra.

Costo (EQ): Gasto generado de los equipos.

Costo (MAT): Gasto generado de los materiales.

Producción: Ganancia obtenida.

Sin embargo, el concepto de la PTF rara vez ha sido utilizado en la investigación empírica de la productividad de la construcción, debido a problemas de medición y disponibilidad de datos, el análisis de los factores que afectan la productividad de la industria de la construcción requiere la identificación de factores potenciales a través de observaciones empíricas y deducciones teóricas, se identifica cuatro factores principales, los materiales, mano de obra, gastos generales,

maquinaria y equipo (Chau & Walker, 2006). Además Serpell (1986) indica que la productividad del personal en obra es afectada significativamente por factores que tienen un efecto negativo tales como: reasignación de la mano de obra, diseños muy complejos, falta de materiales, falta de equipos y herramientas, interrupciones no controladas entre otras. También Tan (2000) menciona que los factores que influyen en el ambiente de trabajo son: falta de herramientas y equipo, suministro irregular de materiales, clima, reparaciones, esperas por secuencias de actividades, etcétera.

4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se aplicó el proceso que se muestra en el esquema.

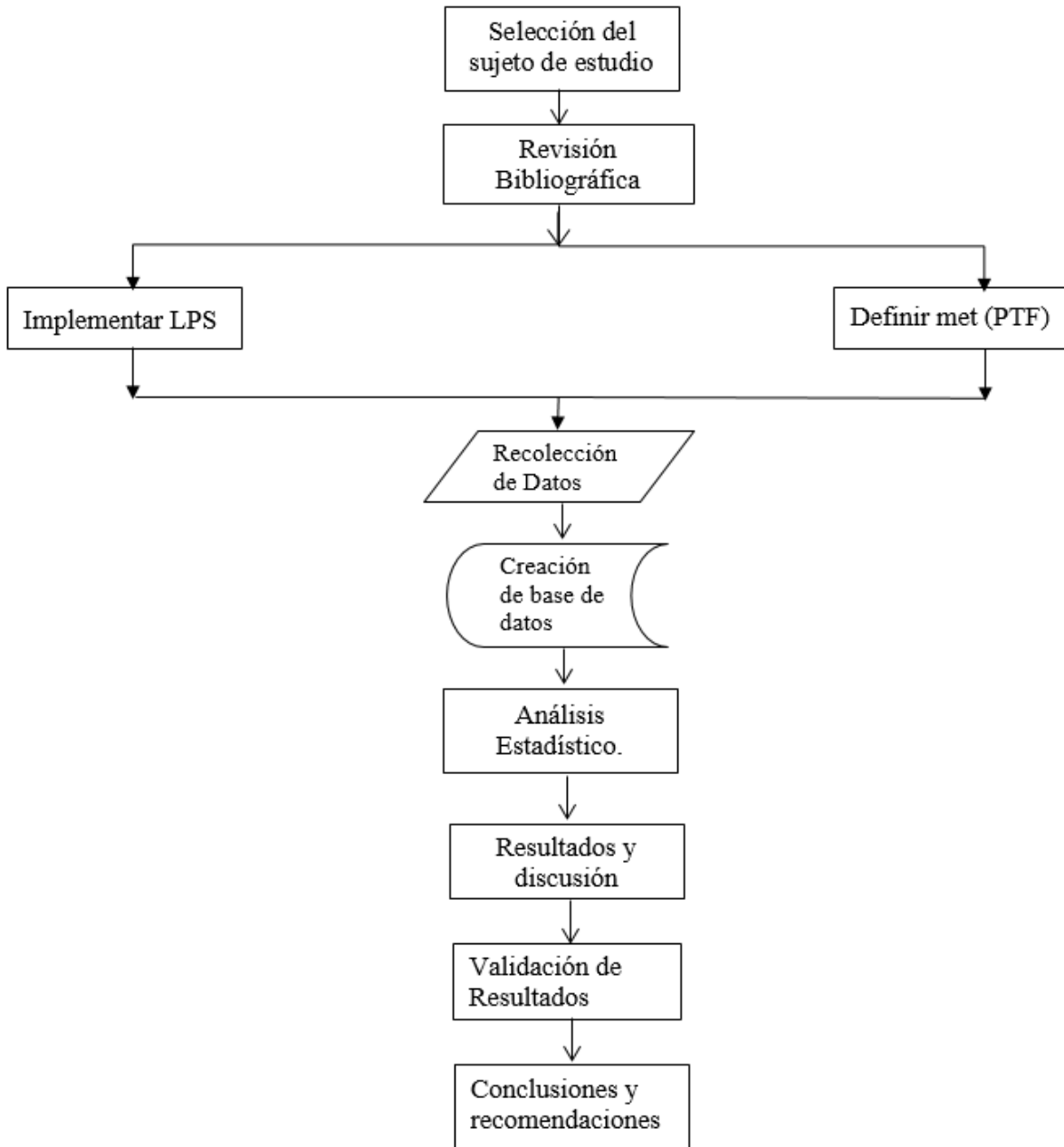


Figura 2. Esquema de metodología

Fuente: Parra D. Santiago G.

Para realizar la investigación se eligió una empresa privada dedicada a la ejecución de obras viales.

La recopilación bibliográfica se realizó en buscadores como Google Académico, Dialnet, SciELO, ASCE(Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles), utilizando términos como Last Planner System y Productividad Total de los Factores, en la cual el principal objetivo es entender acerca de la metodología SUP y la PTF.

El sistema Last Planner es una metodología de origen estadounidense basada en los principios de Lean Construction, que busca proteger los flujos de producción y el desempeño de los proyectos, previniendo problemas y restricciones a través de un seguimiento continuo y preparación del trabajo.

La planificación de corto plazo se basa en la generación de resultados semanales sobre el inventario de lo que puede hacerse (Ebbs, 2017).

Para esta investigación se realizó la planificación a corto plazo, implementando cinco actividades de las quince que propone el SUP.

1. La formalización del proceso de planificación y control.
2. Estandarización de las reuniones de planificación a corto plazo.
3. Uso de dispositivos visuales para difundir información en el sitio de construcción.
4. Acciones correctivas basadas en las causas del no cumplimiento de los planes.
5. Análisis crítico de datos.

Para realizar la capacitación del SUP, se contactó al gerente de la compañía ya que según Viana & Formoso (2010), se necesita de la predisposición de todos los directivos para la implementación adecuada de la planificación. Se realizó en un día la capacitación teórica y en un

día la capacitación practica sobre la implementación de la metodología SUP que se realizó ya en el sitio de ejecución de la vía.

Se colocó un tablero como dispositivo visual para difundir la información en el sitio de la construcción del proyecto (ver Anexo 5). Se elaboró el plan maestro, plan intermedio y el plan semanal para lo cual se realizó una recolección de datos durante 8 semanas como se indica en la tabla del Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3. Se acordó con los responsables del proyecto llevar un registro de las CNC según los parámetros que se establece en la tabla del Anexo 4 y el PPC semanal (ver Anexo 6), para llevar a cabo esto se debía acudir a recolectar la información en el sitio de la obra conforme avanzaba la ejecución, es decir se realizó en una oficina portátil.

La retroalimentación es una parte fundamental en todo esto. En la medida en que sepamos los motivos por los cuales no completamos la programación de cada semana podremos mejorar. Para ello, la medición del porcentaje de plan cumplido (PPC) es un buen indicador de la calidad de nuestras asignaciones. El PPC es el número de actividades completadas que fueron programadas dividido por el total de actividades programadas para la misma semana, todo esto expresado como porcentaje. La actividad se considera como completada sólo si se ha finalizado (Díaz, 2007).

$$PPC = \frac{\#Actividades\ cumplidas}{\#Actividades\ programadas} * 100$$

Por otra parte para poder medir la PTF se realizó una reunión con los directivos de la compañía para requerir la colaboración de cada uno de ellos ya que fue necesario solicitar información como: planillas, registros contables, APU (Análisis de Precios Unitarios), facturas y roles de pago.

Para medir la Productividad Total de los Factores se realizó una recolección de datos durante 8 semanas de los rubros que se utilizaron en la planificación semanal según los parámetros

que establecen la tabla del Anexo 7, que refiere a lo cobrado por cada uno de los rubros realizados semanalmente y la tabla del Anexo 8 a lo gastado por cada semana.

Para el efecto se levantó datos en obra.

1. Con ayuda del Residente de obra se verificó la cantidad realizada de cada rubro que se utilizó en cada semana.
2. Se identificó lo que realmente se gastó en cada uno de los factores de producción siendo adecuadamente distribuido el valor de cada uno, es decir de la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo (ver Anexo 9), de las 8 semanas, para calcular el Jornal/Hora de la mano de obra se utilizó los parámetros del Anexo 11, se calculó la depreciación de la maquinaria (ver Anexo 12), para encontrar el valor real de la tarifa se utilizaron los parámetros del Anexo 13.
3. Con ayuda de las planillas facilitadas y los APU por los encargados del proyecto se calculó cuanto se va a ganar por cada factor de producción siendo debidamente distribuido el valor de la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo, de las 8 semanas (ver Anexo 14).

Y se calculó de la siguiente manera.

$$PTF = \frac{\text{Ingreso \$}}{\text{Gasto \$}}$$

La Productividad Total de los Factores tiene una sola unidad de medida puesto que para poder medir es necesario que todos los factores de producción tengan la misma unidad de medida para posteriormente obtener en porcentaje (%) (Ver Anexo 15).

Con la información levantada se creó una base de datos, la que se almacenó en la computadora del investigador, en un documento de Excel donde se realizó la tabulación de datos de las 8 semanas.

Se elaboraron gráficos de los resultados y se realizó un análisis estadístico, se utilizó el test estadístico de Spearman para verificar la correlación entre el Last Planner System y la Productividad Total de los Factores, para la variabilidad del PPC y la PTF se utilizó un diagrama de dispersión de los puntos, ya que según Sabbatino (2011) el análisis estadístico de la variabilidad da un resultado de la liberación de restricciones de cada período a corto plazo y se utilizó el diagrama de Pareto para las CNC, el principio de Pareto considera que el 80% de los problemas sujetos a estudio representan en solo un 20% de las causas (Fernández et al., 2011).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de la investigación fue determinar cuál es el efecto del Last Planner System en la Productividad Total de los Factores a corto plazo en la construcción de obras viales, implementando la metodología del SUP y midiendo la PTF.

Se logró que los encargados del proyecto con la implementación del SUP desarrollen cinco actividades: la formalización del proceso de planificación y control, la estandarización de las reuniones de planificación a corto plazo, el uso de dispositivos visuales para difundir información en el sitio de construcción, las acciones correctivas basadas en las causas del no cumplimiento de los planes y el análisis crítico de datos. Según Viana & Formoso (2010) al menos deben desarrollarse quince actividades de las indicadas en la implementación del UP, por motivos de tiempo y predisposición de los responsables del proyecto se desarrollaron cinco actividades, al inicio hubo dificultades por la cultura tradicional de la planificación, se tuvo que realizar las reuniones en una oficina portátil, es decir el tablero que se utilizó como dispositivo visual se movió de acuerdo a como avanzaba la obra.

La información levantada mediante la implementación de la metodología SUP fue tabulada, interpretada y graficada, esto se realizó para un proyecto de obra vial.

Según Howell (2002) se asume un desempeño del PPC, favorable con valores por encima del 80% y un desempeño desfavorable con valores por debajo del 60%; a continuación se presenta un gráfico en el cual se puede identificar el PPC.

REASFALTADO CALLE GASPAR DE VILLAROEL PPC (%)

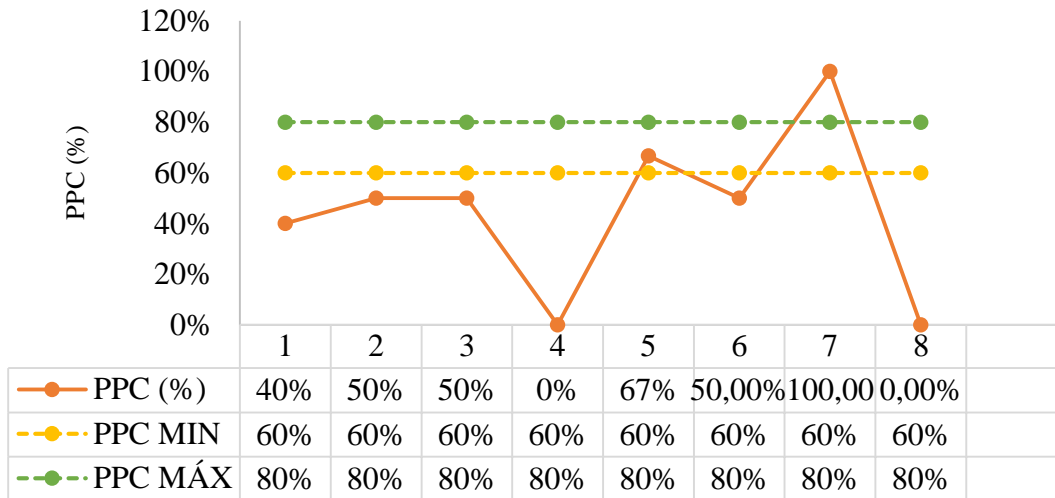


Figura 3. Tendencia del PPC

Fuente: Parra D. Santiago G.

En la figura 3 se presenta los resultados del PPC en un periodo de 8 semanas, se observa que tiene una variabilidad alta, puesto que no se pudo liberar las restricciones y las actividades que se realizaron culminaban en una semana. Al inicio de la implementación del SUP en la primera semana se puede observar que se logró un PPC del 40% debido que el personal empezaba a adaptarse a la implementación, en la cuarta y octava semana se obtuvo un PPC del 0%, puesto que en la cuarta semana fueron dos las actividades que se debían realizar: la restauración de la matriz y acometidas del alcantarillado y el barrido e imprimación. En la octava semana solo una actividad: el asfaltado, estas actividades no se cumplieron de acuerdo a lo planificado por causas del clima y cambio de prioridades.

Tabla 1. Porcentaje de plan cumplido.

| Semana | Actividad | Periodo | Programado | Ejecutado Completo | Ejecutado Incompleto | PPC | CNC | PPC Promedio |
|--------|---|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----|--------------------------|--------------|
| 1 | Replanteo y nivelación | 16-22 Febrero | 1871,5 m ² | 1871,5 m ² | - | 1 | - | 40% |
| | Desprendimiento de la carpeta asfáltica | 16-22 Febrero | 17030,45 m ² | - | 16902,00m ² | 0 | Cambio de prioridades | |
| | Desalojo de material sin clasificar | 16-22 Febrero | 3379,71 m ² | - | 2130,3 m ² | 0 | Planificación adelantada | |
| 2 | Escarificación, recuperación y reconformación base existente, con 5cm de base | 23 Feb- 01Marz | 10624,29 m ² | - | 8451,00m ² | 0 | Señalización | 50% |
| | Nivelación y remate de sumideros | 23 Feb- 01Marz | 24 u | 24u | - | 1 | - | |
| 3 | Escarificación, recuperación y reconformación base existente, con 5cm de base | 02-08 Marzo | 6338,25 m ² | - | 4828,63 m ² | 0 | Señalización | 50% |
| | Nivelación y remate de sumideros | 02-08 Marzo | 23 u | 23u | - | 1 | - | |
| | Rebajado y alzado de pozos | 02-08 Marzo | 26u | 26u | - | 1 | - | |
| | Restauración de la matriz y acometidas del alcantarillado | 02-08 Marzo | 451,4075 m ² | - | 330,4587m ² | 0 | Maquinaria | |
| 4 | Restauración de la matriz y acometidas del alcantarillado | 09-15 Marzo | 1905,7413m ² | - | 1830,1253m ² | 0 | Clima | 0% |
| | Barrido e imprimación | 09-15 Marzo | 9690,48 m ² | - | 8509,14 m ² | 0 | Clima | |
| 5 | Restauración de la matriz y acometidas del alcantarillado | 16-22 Marzo | 1833,7413m ² | 1833,7413m ² | - | 1 | - | 67% |
| | Barrido e imprimación | 16-22 Marzo | 17025 m ² | - | 14535,72m ² | 0 | Maquinaria | |
| | Inspección imprimación | 16-22 Marzo | 17025 m ² | 17025 m ² | - | 1 | - | |
| 6 | Inspección imprimación | 23-29 Marzo | 17025 m ² | - | 1245,89 m ² | 0 | Planificación adelantada | 50% |
| | Asfaltado | 23-29 Marzo | 6387,3 m ² | 6387,3 m ² | - | 1 | - | |
| 7 | Asfaltado | 30 Marz- 05Abr | 7805,2 m ² | 7805,2 m ² | - | 1 | - | 100% |
| 8 | Asfaltado | 06-12 Abril | 2837,38 m ² | - | 2128,05 m ² | 0 | Planificación adelantada | 0% |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Las CNC de la obra vial se presentan en un diagrama de Pareto.

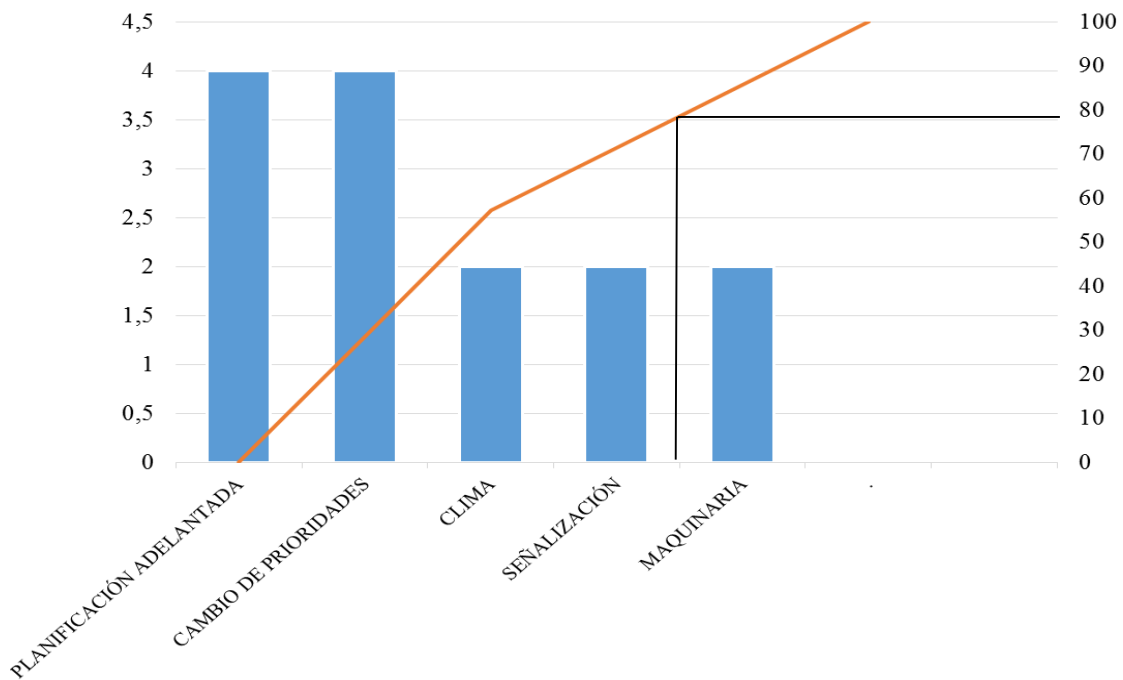


Figura 4. Causas de no cumplimiento

Fuente: Parra D. Santiago G.

La CNC de la planificación a corto plazo predominante, se refiere a la planificación adelantada ya que por presión y quejas de la ciudadanía se tuvo que adelantar las actividades ocasionando que no se cumpla lo planificado, otra causa que afecto al normal cumplimiento de la planificación fue el cambio de prioridades por el irrespeto de la señalización, puesto que la obra se encontraba en una zona urbana donde hay mucho tráfico y no respetaban que las intersecciones estaban cerradas ocasionando inconvenientes con el normal desarrollo de las actividades, el clima, maquinaria y el aplazar las actividades fueron las causas que de igual manera afectaron al normal desarrollo de las actividades.

Los resultados obtenidos en esta investigación de la CNC de la planificación a corto plazo en la construcción de un proyecto de obra vial confirmaron los obtenidos en investigaciones realizadas: en puentes (Carrillo & Plaza, 2017), viviendas (Fiallo & Revelo, 2002), edificios (Díaz,

2007). Las causas frecuentes son: planificación adelantada, cambio de prioridades, clima, maquinaria, las cuales generaron retrasos y afectaron directamente a la productividad.

Productividad Total de los Factores

En esta investigación se midió la Productividad Total de los Factores, de la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo (ver Anexo 14), que se utilizaron semanalmente en las actividades planificadas para correlacionar los datos obtenidos del PPC y verificar el efecto del Last Planner System en la PTF.

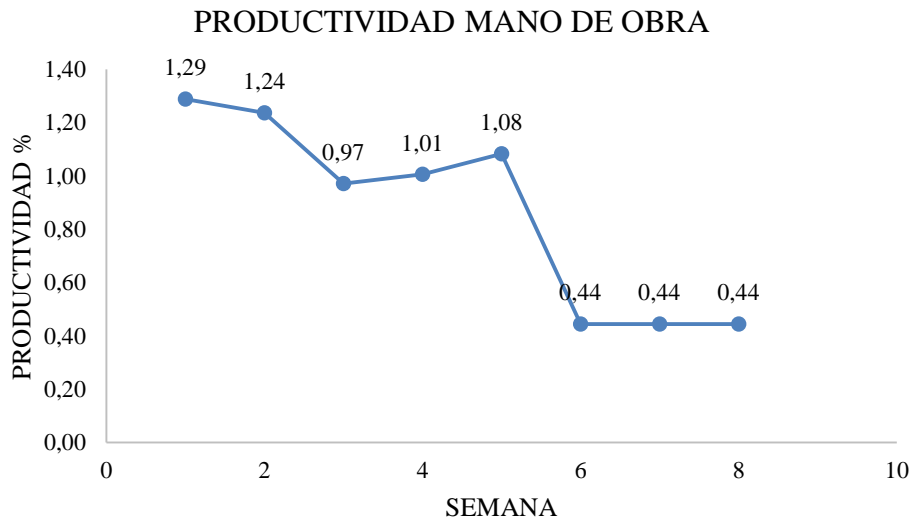


Figura 5. Productividad mano de obra.

Fuente: Parra D. Santiago G.

Tabla 2. Productividad Mano de Obra

| SEMANA | COBRADO (R1+R2+N..) | GASTADO (R1+R2+N..) | PRODUCTIVIDAD MANO DE OBRA (COBR/GAST) |
|-----------|------------------------|------------------------|--|
| S1 | \$2241,02 | \$1739,83 | 1,29 |
| S2 | \$1819,06 | \$1471,30 | 1,24 |
| S3 | \$1201,70 | \$1236,77 | 0,97 |
| S4 | \$1119,81 | \$1112,92 | 1,01 |
| S5 | \$1510,52 | \$1395,19 | 1,08 |
| S6 | \$1109,92 | \$2499,89 | 0,44 |
| S7 | \$1356,57 | \$3055,42 | 0,44 |
| S8 | \$493,30 | \$1111,06 | 0,44 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

La mano de obra en la primera semana tiene un porcentaje alto porque los operadores de la maquinaria realizaron el trabajo de los rubros de: desprendimiento de la carpeta asfáltica y desalojo de material sin clasificar; en las horas planificadas, generando más ganancias que gastos. En las semanas 2, 3,4 y 5 se ejecutó los rubros: escarificación, recuperación y reconformación base existente, nivelación y remate de sumideros, rebajado y alzado de pozos, restauración de la matriz y acometidas del alcantarillado y barrido e imprimación; se observa que tienen una variabilidad alta, ya que no hubo una correcta conformación de las cuadrillas, y esto generó más gasto que ganancia. En las semanas 6,7 y 8 mantienen un porcentaje bajo porque se tuvo que colocar la carpeta asfáltica adelantando la planificación, por presión de la ciudadanía, lo que conllevó aumentar la mano de obra para culminar en el menor tiempo posible, esto generó mayor gasto y menos ganancia.

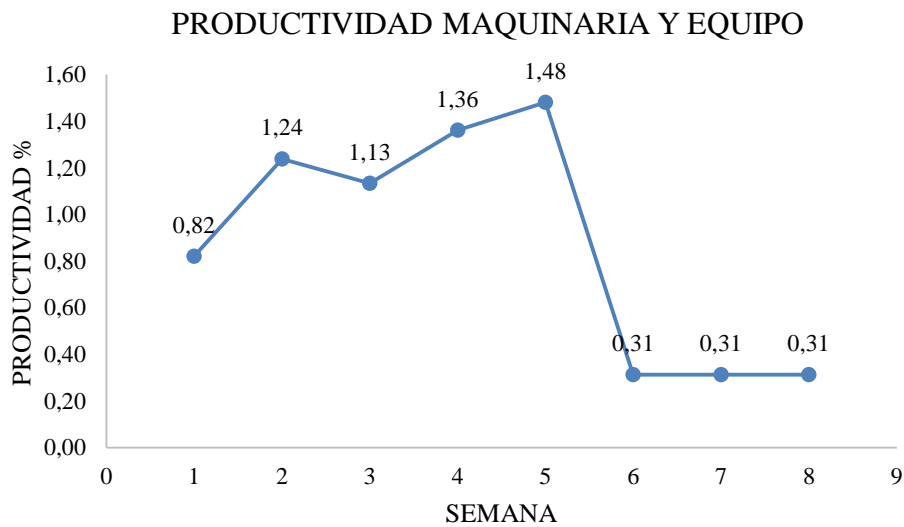


Figura 6. Productividad equipos.

Fuente: Parra D. Santiago G.

Tabla 3. Productividad Maquinaria y Equipo

| SEMANA | COBRADO (R1+R2+N..) | GASTADO (R1+R2+N..) | PRODUCTIVIDAD MAQUINARIA Y EQUIPO (COBR/GAST) |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| S1 | \$6498,40 | \$7921,47 | 0,82 |
| S2 | \$8092,70 | \$6538,32 | 1,24 |
| S3 | \$3990,00 | \$3517,06 | 1,13 |
| S4 | \$3523,43 | \$2588,30 | 1,36 |
| S5 | \$4553,90 | \$3075,06 | 1,48 |
| S6 | \$4228,10 | \$13501,55 | 0,31 |
| S7 | \$5167,68 | \$16501,89 | 0,31 |
| S8 | \$1879,16 | \$6000,69 | 0,31 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

En la primera semana se realizó los rubros: replanteo y nivelación, desprendimiento de la carpeta asfáltica y desalojo de material sin clasificar; se visualiza que la maquinaria y equipo tienen un porcentaje bajo puesto que se realizó las actividades en más tiempo de lo planificado por motivo de esperas de la excavadora. En la segunda semana aumenta la productividad porque se logró solucionar el problema mecánico en la motoniveladora que ocasiono un retraso en la escarificación, recuperación y reconfomación base existente. En las semanas 3,4 y 5 no existe mucha variabilidad, porque se logró realizar la escarificación, recuperación y reconfomación base existente, nivelación y remate de sumideros, rebajado y alzado de pozos, restauración de la matriz y acometidas del alcantarillado y barrido e imprimación, con regular normalidad. En la semana 6,7 y 8 se mantiene un porcentaje bajo, debido a que se calculó la tarifa real de la maquinaria para obtener la productividad y se adelantó la planificación por influencia de la ciudadanía, lo que provoco aumentar las herramientas manuales y las horas de trabajo de la maquinaria para colocar la carpeta asfáltica en el menor tiempo posible, esto generó mayor gasto en la maquinaria.

PRODUCTIVIDAD MATERIALES

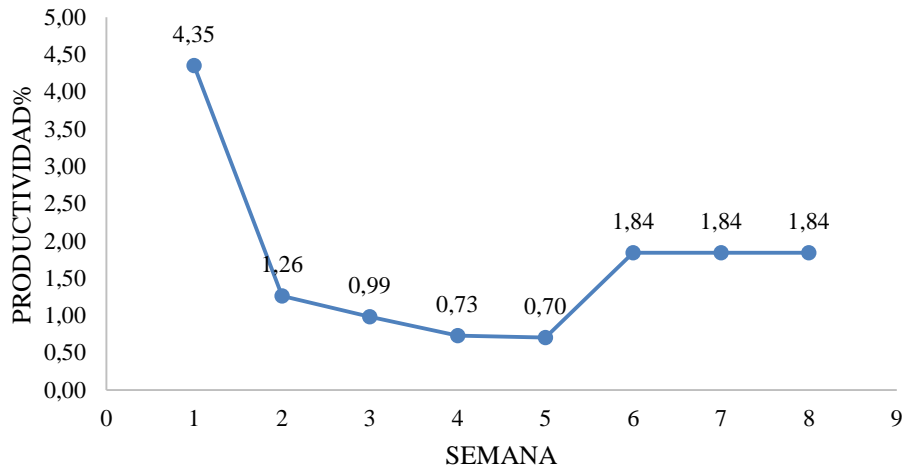


Figura 7. Productividad materiales.

Fuente: Parra D. Santiago G.

Tabla 4. Productividad Materiales

| SEMANA | COBRADO (R1+R2+N..) | GASTADO (R1+R2+N..) | PRODUCTIVIDAD MATERIALES (COBR/GAST) |
|-----------|------------------------|------------------------|--|
| S1 | \$210,49 | \$48,40 | 4,35 |
| S2 | \$1470,13 | \$1166,07 | 1,26 |
| S3 | \$2168,40 | \$2199,48 | 0,99 |
| S4 | \$5233,95 | \$7149,20 | 0,73 |
| S5 | \$9105,60 | \$12936,14 | 0,70 |
| S6 | \$50418,43 | \$27344,70 | 1,84 |
| S7 | \$61622,53 | \$33421,30 | 1,84 |
| S8 | \$22408,21 | \$12153,21 | 1,84 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Los rubros del proyecto vial analizado, son: replanteo y nivelación, desprendimiento de la carpeta asfáltica, desalajo de material sin clasificar, nivelación y remate de sumideros, rebajado y alzado de pozos, escarificación, recuperación y reconformación de base, barrido e imprimación, colocación de la carpeta asfáltica.

En la primera semana se obtuvo una productividad alta porque solo se utilizó estacas y pintura para el rubro de replanteo y nivelación, y para los rubros del desprendimiento de la carpeta asfáltica y el desalojo de material sin clasificar; no se utilizaron materiales, solo la maquinaria y equipo. En la segunda semana bajo la productividad porque en el rubro de nivelación y remate de sumideros existieron más del número que se planificó, en la tercera semana disminuyó la productividad ya que no se identificó en cuántos pozos se debía realizar el rebajado y alzado, de igual manera en la escarificación, recuperación y re conformación de base no se utilizó el material cubicado necesario produciendo más gastos que ganancias. En la semana 4 y 5 tienen el mismo porcentaje porque se realizaron los mismos rubros, pero en el de barrido e imprimación hubo más gasto que ganancia por motivo de un problema mecánico en el distribuidor de asfalto, esto ocasionó desperdicio del material asfáltico. En la semana 6, 7 y 8 se mantiene el mismo porcentaje de productividad, porque se realizó el mismo rubro: colocación de la carpeta asfáltica, se obtuvo ese porcentaje a pesar que se adelantó la planificación por influencia de la ciudadanía, colocando la carpeta asfáltica necesaria sin producir mayor desperdicio.

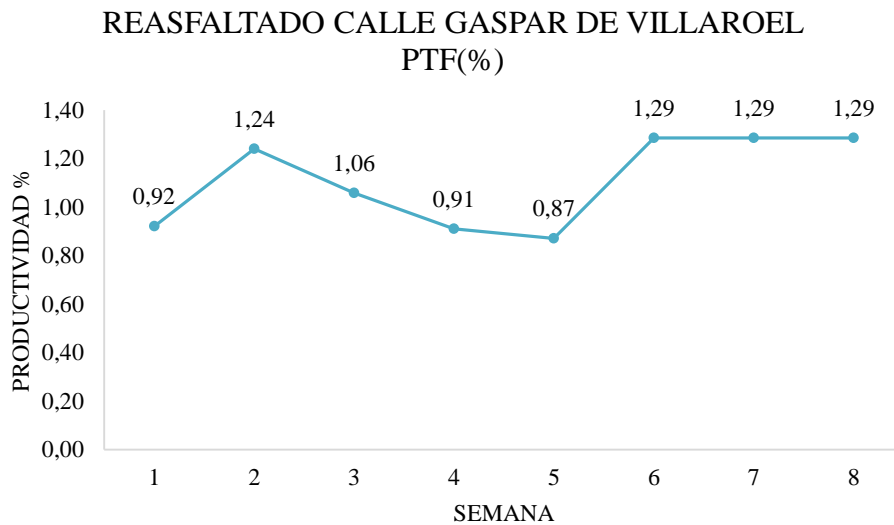


Figura 8. Tendencia de la PTF

Fuente: Parra D. Santiago G.

Tabla 5. Productividad Total de los Factores

| SEMANA | COBRADO (M.O+MQ+MAT) | GASTADO (M.O+MQ+MAT) | PTF (COBR/GAST) |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| S1 | \$8949,91 | \$9709,70 | 0,92 |
| S2 | \$11381,89 | \$9175,69 | 1,24 |
| S3 | \$7360,10 | \$6953,31 | 1,06 |
| S4 | \$9877,19 | \$10850,41 | 0,91 |
| S5 | \$15170,02 | \$17406,39 | 0,87 |
| S6 | \$55756,45 | \$43346,13 | 1,29 |
| S7 | \$68146,78 | \$52978,61 | 1,29 |
| S8 | \$24780,66 | \$19264,96 | 1,29 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

En la figura 8 se presenta los resultados de la PTF durante las 8 semanas que se realizó la recolección de los datos en la cual se puede observar que en la primera semana la productividad al inicio de la implementación del SUP es del 0,92% por motivo que hubo reasignación de la mano de obra, problemas mecánicos de la maquinaria y cambio de prioridades, lo cual generó mayor gasto y menor ganancia, pero con el transcurso del tiempo mejoró hasta llegar a la octava semana con la productividad del 1,29% ya que con la implementación del SUP se logró mejorar el cumplimiento de las actividades planificadas, optimizando recursos y tiempo, afectando lo menos posible a los tres factores de producción a pesar que por la presión de la ciudadanía se adelantó la planificación.

Los datos obtenidos de la PTF afirman lo mencionado por Serpell (1986) no fue fácil identificar el factor que afectó al inicio de la implementación del SUP ya que el residente de obra responsabilizó a los operadores de equivocaciones que no tenían responsabilidad, puesto que las fallas mecánicas fueron inesperadas. También los resultados alcanzados en esta investigación permitieron identificar los principales factores que tienen un efecto negativo en la construcción de un proyecto de obra vial tales como: reasignación de la mano de obra, falta de materiales, clima,

fallas mecánicas y esperas por secuencias de actividades, los cuales generan mayor gasto y menor ganancia, confirmando lo obtenido por (Serpell, 1986; Tan, 2000).

Finalmente se elaboró un gráfico con el PPC y la PTF del proyecto de obra vial.

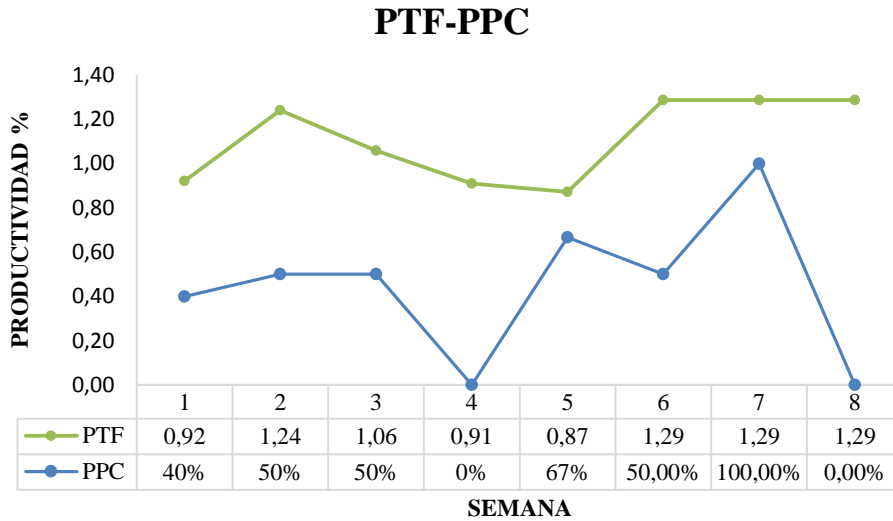


Figura 9. Tendencia de la PTF y PPC

Fuente: Parra D. Santiago G.

En la figura 9 se puede evidenciar que con la implementación del SUP la primera semana se obtuvo una productividad baja en el PPC y la PTF, debido a que el personal del proyecto empezaba a adaptarse a la implementación del SUP, desde la segunda hasta la octava semana existe una variación alta tanto en el PPC y la PTF, a excepción de la semana 4 y 8 en la que se obtienen valores bajos, comprobando que la variación de la productividad del PPC es por motivo de las causas de no cumplimiento que se encontraron, y de la PTF por motivo de que los tres factores de producción: materiales, mano de obra, maquinaria y equipo, generaron más gastos que ganancias o lo contrario.

A continuación, se muestra el test de normalidad y la correlación de Spearman del PPC con la mano de obra, materiales, maquinaria y equipo.

Tabla 6. Test de normalidad Shapiro-Wilk

| Prueba de Normalidad | | | |
|-----------------------------|-------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| PTF | 0,939 | 8 | 0,6 |
| PPC | 0,917 | 8 | 0,406 |

Fuente: IBM Statistics editor de datos.

En la tabla 6 mediante el test de Shapiro-Wilk se observa que no existe una distribución normal, debido a que se tienen pocos datos, ya que el valor del nivel de significancia de la PTF es menor a 0,05.

Tabla 7. Correlación de Spearman, mano de obra.

| Correlaciones | | | | |
|------------------------|------------|-----------------------------|------------|------------|
| Rho de Spearman | PPC | Coefficiente de correlación | PPC | PMO |
| | | Sig. (bilateral) | 1,000 | -,113 |
| | | N | . | ,790 |
| PMO | PPC | Coefficiente de correlación | 8 | 8 |
| | | Sig. (bilateral) | -,113 | 1,000 |
| | | N | ,790 | . |
| | | N | 8 | 8 |

Fuente: IBM Statistics editor de datos.

Tabla 8. Correlación de Spearman, maquinaria y equipo.

| Correlaciones | | | | |
|------------------------|------------|-----------------------------|------------|------------|
| Rho de Spearman | PPC | Coefficiente de correlación | PPC | PME |
| | | Sig. (bilateral) | 1,000 | ,013 |
| | | N | . | ,976 |
| PME | PPC | Coefficiente de correlación | 8 | 8 |
| | | Sig. (bilateral) | ,013 | 1,000 |
| | | N | ,976 | . |
| | | N | 8 | 8 |

Fuente: IBM Statistics editor de datos.

Tabla 9. Correlación de Spearman, materiales.

| Correlaciones | | | | |
|------------------------|------------|-----------------------------|-------|-------|
| Rho de Spearman | PPC | Coefficiente de correlación | 1,000 | -,151 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,721 |
| | | N | 8 | 8 |
| | PMA | Coefficiente de correlación | -,151 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,721 | . |
| | | N | 8 | 8 |

Fuente: IBM Statistics editor de datos.

El test de Spearman refleja que el valor p es mayor a 0,05 apoyando la hipótesis nula lo que confirma que no existe relación directa entre: la productividad de la mano de obra y el PPC (ver tabla 7), la productividad de la maquinaria y equipo y el PPC (ver tabla 8), la productividad de materiales y el PPC (ver tabla 9), debido a que el porcentaje del PPC y la productividad de la mano de obra (PMO), materiales (PMA), maquinaria y equipo (PME) aumentan o disminuyen de manera independiente en el caso de estudio.

Según Emdanat & Azambuja (2016) la métrica PPC como cuenta absoluta de lo que se puede hacer, lo que se hará y lo que se hizo, no proporciona las métricas necesarias para medir lo que debe hacerse en cualquier ciclo de planificación.

A continuación, se muestra el diagrama de dispersión del Porcentaje de Plan Cumplido y la Productividad Total de los Factores.

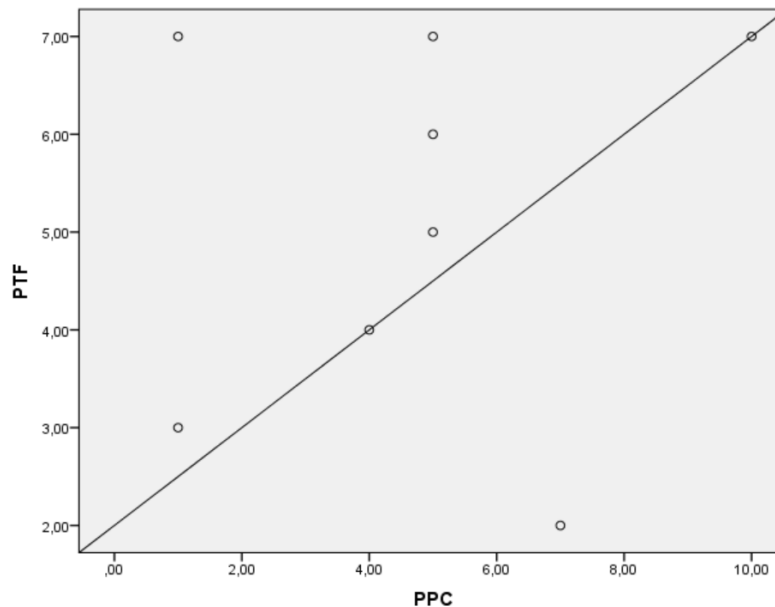


Figura 10. Tendencia de la PTF y el PPC

Fuente: IBM Statistics editor de datos.

El test de Spearman refleja que el valor p es mayor a 0,05 afirmando la hipótesis nula lo que confirma que no existe relación directa entre la PTF y el PPC como se indica en la tabla del Anexo 10, debido a que el porcentaje de la PTF y el PPC aumenta o disminuye de manera independiente.

Ocampo (2011) afirma que al implementar el SUP incrementa el rendimiento de las cuadrillas reduciendo la remuneración en mano de obra generando ganancia, pero en este caso se evidencio que no tiene relación directa el PPC con los tres factores productivos: mano de obra, materiales, maquinaria y equipo, ya que en las semanas 4 y 8 se obtuvo un porcentaje del PPC de cero, esto no quiere decir que no se realizaron las actividades que se planificaron, se las ejecutó pero no en el tiempo planeado; por lo tanto existió gasto y ganancia, verificando que varían considerablemente los precios unitarios con el costo hora real de la mano de obra y de la tarifa de la maquinaria, por este motivo la PTF varia en las 8 semanas porque se calculó la productividad de los tres factores con los costos reales.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Al haber implementado la metodología SUP durante ocho semanas en el proyecto vial, por motivo de tiempo y predisposición de los encargados del proyecto, se aplicaron cinco actividades de las quince que propone el SUP, lo que no permitió obtener un buen desarrollo de la metodología, dando como resultado el porcentaje del PPC de 0% en la semana 4 y 8, esto refleja que si se realizaron las actividades pero no dentro de lo planificado, por lo tanto existió gasto y ganancia, aun cuando el indicador PPC no registra cumplimiento. Este es un punto ciego del PPC en el LPS.

En esta investigación, no se encontró relación directa entre el PPC y la PTF, debido a que el porcentaje de cada uno varía de manera independiente, para el cálculo de la PTF se consideraron los costos reales de los tres factores productivos, mismos que discrepan con los precios unitarios del presupuesto referencial; es decir el tener un porcentaje alto o bajo en el PPC no se relaciona en este caso con la ganancia o pérdida económica en el proyecto investigado.

Una de las principales limitaciones presentadas en esta investigación es la cantidad de actividades realizadas y su tiempo de ejecución, las actividades culminaban en menos de una semana, impidiendo liberar las restricciones y mejorar la productividad, lo que no permite generalizar los resultados obtenidos del PPC; por motivo del tiempo designado para desarrollar la investigación y predisposición de los encargados del proyecto. Otra limitación es la cantidad de factores productivos analizados, se estudiaron solo los factores productivos directos: mano de obra, materiales, maquinaria y equipo, y no los factores productivos indirectos tales como: tecnología, gestión, mantenimiento de oficinas, entre otros, tema que podrá ser investigado a futuro.

6.2 Recomendaciones

Verificar que los factores directos, garanticen la correcta ejecución en los proyectos civiles: que la maquinaria y equipo estén en condiciones óptimas, las cuadrillas estén conformadas adecuadamente, y la calidad de los materiales sea la especificada para la ejecución de cada una de las actividades designadas, para de esta manera lograr una mejor planificación y mejorar la productividad en las obras civiles.

Implementar la metodología SUP en todo tipo de proyecto de construcción previo y durante la ejecución de los mismos, teniendo en cuenta los factores productivos, para mejorar los resultados, la productividad, la planificación del proyecto, y lograr un mayor compromiso por parte del personal de la obra.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, O., & Temoche, V. (2017). Metodologías y herramientas Orlando Ayala Vilela , Victor Temoche Rosillo.
- Cárdenas, M., & Hernandez, M. (2006). El sector financiero y la vivienda. *Fundación Para La Educación Superior Y El Desarrollo*, 38.
- Cárdenas, M., & Quintero, J. F. (2004). Determinantes de la actividad constructora en colombia. *Fedesarrollo*, (2003), 1–50.
- Carrillo, C., & Plaza, T. (2017). *Causas frecuentes del incumplimiento de la planificación a corto plazo en la construcción de puentes. Universidad Nacional de Chimborazo.*
- Chau, K. W., & Walker, A. (2006). The measurement of total factor productivity of the Hong Kong construction industry The measurement of total factor productivity of the Hong Kong construction industry. *Construction Management and Economics*, (September 2013), 37–41.
- De Jorge Moreno, J., López Robayo, O., & Díaz Castro, J. (2014). Productividad, eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010. *Cuadernos de Economía*, 33(63), 569–588. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v33n63.45347>
- Díaz, D. A. (2007). Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. *Universidad de Chile*, 84.
- Ebbs, P. (2017). 10 Tips for efficient and effective Last Planner System sessions. *Lean Construction*, 5(1), 3.
- Emdanat, S., & Azambuja, M. (2016). ALIGNING NEAR AND LONG TERM PLANNING FOR LPS IMPLEMENTATIONS : A, 103–112.
- Fernández, A., Alarcón, L., & Pellicer, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas Nº 3.518*, 1–9.

- Fiallo, M., & Revelo, H. (2002). Applying the Last Planner control system to a construction project : a case study in Quito , Ecuador. *International Group for Lean Construction*, 1–12.
- Howell. (2002). Applying the Last Planner Control System To a Construction Project : a Case Study in Quito , Ecuador. *International Group for Lean Construction*.
- INEGI. (2014). SCNM Productividad total de los factores. Modelo KLEMS. Año base 2008. Metodología. *Sistema de Cuentas Nacionales de México*, 28.
- Junguito, R., López, E., Misas, M., & Sarmiento, E. (1995). La edificación y la politica macroeconomica. *Santafé de Bogotá Estudios Económicos Del Banco de La República*, 27.
- Kisi, K. P. (2015). Estimation of Optimal Productivity in Labor- Intensive Construction Operations. *Doctoral Dissertation, Graduate College of the University of Nebraska*. Retrieved from <http://digitalcommons.unl.edu/constructiondiss%5Cnhttp://digitalcommons.unl.edu/constructiondiss/19>
- Lagos, C. (2017). Desarrollo e implementación de herramientas para el mejoramiento de la gestión de la información de Last Planner. *Pontificia Universidad Catolica de Chile*.
- Martínez, L. F., & Serpell, A. (1990). Recomendaciones para aumentar la productividad en la construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 1–11.
- Ocampo, D. (2011). Lecciones Sobre La Implementación Del Last Planner System. *Universidad Técnica Particular de Loja*, 99.
- Orihuela, P., & Ulloa, K. (2011). La planificación de las obras y el sistema Last Planner. *Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, Boletín N°*, 4–7.
- Sabbatino. (2011). Last Planner System : implementation , evaluation and comparison of results in the construction of a social housing. *International Group for Lean Construction.*, 105–

140.

Serpell, A. (1986). Productividad en la construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 1, 53–

59.

Tan, W. (2000). Total factor productivity in Singapore construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, (2), 154–158.

8. ANEXOS

8.1 Anexo de formularios para la implementación del SUP.

Anexo 1

Tabla 10. Plan Maestro

| PROYECTO | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ACTIVIDAD | SEMANA 1(%) | SEMANA 2(%) | SEMANA 3(%) | SEMANA 4(%) | SEMANA 5(%) | SEMANA 6(%) | SEMANA 7(%) | SEMANA 8(%) |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 2

Tabla 11. Planificación Intermedia

| SEMANA | | | | |
|-----------|--------|---------|---------------|-----------|
| ACTIVIDAD | INICIO | TERMINO | RESTRICCIONES | ENCARGADO |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 3

Tabla 12. Planificación Semanal

|  | | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO | | | | | | |  | | | | |
|---|---|---|--------|---------|-------|--------|-----------|--------------|---|-------------------------|------------------|-----|-----------------------|
| | | FACULTAD DE INGENIERÍA | | | | | | | | | | | |
| | | ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | |
| | | REGISTRO DE DE PLANIFICACION SEMANAL | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL PROYECTO: | | REASFALTADO DE LA CALLE GASPAR DE VILLAROEL | | | | | | N° SEMANA :1 | | 16 FEBRERO - 22 FEBRERO | | | |
| N° | ACTIVIDAD | VIERNES | SABADO | DOMINGO | LUNES | MARTES | MIERCOLES | JUEVES | RESPONSABLE DE EJECUCION | % DE AVANCE PROGRAMADO | % DE AVANCE REAL | PAC | CNC |
| | | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | | | | | |
| REPLANTEO Y NIVELACION | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | TOPOGRAFIA | X | X | | X | | | | WM | 100% | 100% | 1 | |
| DESPRENDIMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | CORTE DEL ASFALTO EN LAS CALLES TRANSVERSALES | | | | | | | | | 100% | 0% | 0 | CAMBIO DE PRIORIDADES |
| 3 | CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | X | X | | X | X | X | X | C | 100% | 0% | 0 | ADELANTARON UN DIA |
| DESALOJO DE MATERIAL SIN CLASIFICAR | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | DESALOJO DE LA CARPETA ASFALTICA ANTIGUA | X | X | | X | X | X | | E | 100% | 0% | 0 | ADELANTARON UN DIA |
| 5 | LIMPIEZA ESCOMBROS DE MATERIAL DESALOJADO | X | X | | X | X | X | X | | 100% | 100% | 1 | |
| | | | | | | | | | | PAC PROMEDIO | | 40% | |

Fuente: Adaptado de (Carrillo & Plaza, 2017).

Anexo 4

Tabla 13. Causas del no cumplimiento

| PROYECTO | | | | | |
|----------|--------|--------|---------|----------|------|
| SEMANA | CAUSAS | INICIO | TERMINO | CANTIDAD | %CNC |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 5

Tabla 14. Tablero de actividades

| NOMBRE DEL PROYECTO | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| ACTIVIDAD | LUNES | MARTES | MIERCOLES | JUEVES | VIERNES | SABADO | DOMINGO |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Fuente: Parra D. Santiago G.

8.2 Anexo de registro de levantamiento de datos durante la implementación.

Anexo 6

Tabla 15. Resumen del PPC

| <i>SEMANA</i> | <i>PPC</i> | <i>PPC MIN</i> | <i>PPC MAX</i> |
|---------------|------------|----------------|----------------|
| 1 | 40% | 60% | 80% |
| 2 | 50% | 60% | 80% |
| 3 | 50% | 60% | 80% |
| 4 | 0% | 60% | 80% |
| 5 | 67% | 60% | 80% |
| 6 | 50,00% | 60% | 80% |
| 7 | 100,00% | 60% | 80% |
| 8 | 0,00% | 60% | 80% |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 7

Tabla 16. Total cobrado por semana

| RUBRO | CANTIDAD CONTRATADO | PRIMERA SEMANA | | CANTIDAD COBRADA | CANTIDAD REALIZADA | TOTAL COBRADO |
|--|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL | | | |
| 1 Replanteo y nivelación | 1878,00 | 0,70 | 1309,10 | 1871,00 | 1871,50 | 1304,22 |
| 2 Desprendimiento de la carpeta asfáltica | 16902,00 | 0,14 | 2433,04 | 17024,23 | 17030,45 | 2450,64 |
| 3 Desalojo de material sin clasificar | 3379,71 | 2,44 | 8250,72 | 2128,03 | 2130,30 | 5195,05 |
| | | | | | S1= | \$8949,91 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 8

Tabla 17. Total gastado por semana

| TOTAL SEMANA 1 | |
|-----------------------|------------------|
| MANO DE OBRA | \$1739,83 |
| EQUIPOS | \$7921,47 |
| MATERIALES | \$48,40 |
| TOTAL= | \$9709,70 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 9

Tabla 18. Gastos de los tres factores de producción.

| REPLANTEO Y NIVELACIÓN | | | | |
|--|-----------------|-------------------|------------------------|-----------------|
| MANO DE OBRA | CANTIDAD | JORNAL /HR | TOTAL HORAS | TOTAL |
| Topógrafo: Titulo exper. mayor a 5 años | 1 | 6,97 | 20 | \$139,43 |
| Cadenero | 2 | 3,55 | 20 | \$142,00 |
| Peón | 1 | 3,51 | 20 | \$70,20 |
| | | | TOTAL | \$351,63 |
| EQUIPOS | CANTIDAD | TARIFA | TOTAL HORAS | TOTAL |
| Estación total topográfica. (Equipo de topografía - prismas) | 1 | 5,50 | 20 | \$110,00 |
| Herramientas manuales. | 3 | 0,15 | 20 | \$9,00 |
| | | | TOTAL | \$119,00 |
| MATERIALES | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | COSTO |
| Estacas | 150 | u | 0,15 | \$22,50 |
| Pintura | 2 | gl | 12,95 | \$25,90 |
| | | | TOTAL | \$48,40 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

8.3 Anexo de correlación entre el PPC y la PTF.

Anexo 10

Tabla 19. Correlación de Spearman

| CORRELACIONES NO PARAMÉTRICAS | | | | |
|--------------------------------------|-----|-----------------------------|------------|------------|
| | | | PPC | PTF |
| Rho de Spearman | PPC | Coefficiente de correlación | 1,000 | 0,088 |
| | | Sig.(bilateral) | | 0,836 |
| | N | 8 | 8 | |
| | PTF | Coefficiente de correlación | 0,088 | 1,000 |
| | | Sig.(bilateral) | 0,836 | |
| | N | 8 | 8 | |

Fuente: IBM Statistics editor de datos

8.4 Anexo costos reales de la mano de obra y la tarifa de la maquinaria.

Anexo 11

Tabla 20. Costo hora mano de obra.

| CATEGORIAS OCUPACIONALES | SUELDO UNIFICADO | DÉCIMO TERCERO | DÉCIMO CUARTO | APORTE PATRONAL | FONDO RESERVA | TOTAL ANUAL | JORNAL REAL | COSTO HORARIO |
|---|---------------------|-------------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| Topógrafo | 800,00 | 800,00 | 386,00 | 1353,12 | 800,00 | 12939,12 | 55,77 | 6,97 |
| Operador motoniveladora | 600,00 | 600,00 | 386,00 | 1230,96 | 600,00 | 10016,96 | 43,18 | 5,40 |
| Operador Rodillo autopropulsado | 600,00 | 600,00 | 386,00 | 1053,72 | 600,00 | 9839,72 | 42,41 | 5,30 |
| Operador Barredora autopropulsada | 600,00 | 600,00 | 386,00 | 973,44 | 600,00 | 9759,44 | 42,07 | 5,26 |
| Operador Distribuidor de asfalto | 600,00 | 600,00 | 386,00 | 1485,24 | 600,00 | 10271,24 | 44,27 | 5,53 |
| Operador Cargadora frontal | 600,00 | 600,00 | 386,00 | 1237,68 | 600,00 | 10023,68 | 43,21 | 5,40 |
| Operador planta asfáltica | 600,00 | 600,00 | 386,00 | 1160,76 | 600,00 | 9946,76 | 42,87 | 5,36 |
| Operador Acabadora de pavimento asfáltico | 680,00 | 680,00 | 386,00 | 1152,48 | 680,00 | 11058,48 | 47,67 | 5,96 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 12

Tabla 21. Depreciación maquinaria.

| FECHA ADQUISICION | FACTURA | ACTIVO | AÑOS A DEPRECIAR | VALOR | % DEPRECIACION | VALOR ANUAL | PERIODO FISCAL | TIEMPO TRANCURRIDO | VALOR DEPRECIACION ACTUAL | DEPRECIACION ACUMULADA | LIBROS |
|----------------------|---------|-------------------------|---------------------|------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------|
| 24/04/2009 | 001-001 | 117 PLANTA ASFÁLTICA | AÑO 1 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2009 | 250 | 12222,22 | 12222,22 | 163777,78 |
| | | | AÑO 2 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2010 | 360 | 17600,00 | 29822,22 | 146177,78 |
| | | | AÑO 3 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2011 | 360 | 17600,00 | 35200,00 | 128577,78 |
| | | | AÑO 4 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2012 | 360 | 17600,00 | 35200,00 | 110977,78 |
| | | | AÑO 5 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2013 | 360 | 17600,00 | 35200,00 | 93377,78 |
| | | | AÑO 6 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2014 | 360 | 17600,00 | 35200,00 | 75777,78 |
| | | | AÑO 7 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2015 | 360 | 17600,00 | 35200,00 | 58177,78 |
| | | | AÑO 8 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2016 | 360 | 17600,00 | 35200,00 | 40577,78 |
| | | | AÑO 9 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 30/12/2017 | 360 | 17600,00 | 35200,00 | 22977,78 |
| | | | AÑO 10 | 176.000,00 | 10% | 17600,00 | 16/02/2018 | 48 | 2346,67 | 19946,67 | 20631,11 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 13

Tabla 22. Tarifa maquinaria.

| VOLQUETA | | | | | | |
|---|-----------|-----------|--|-----------|-----------|-------|
| INVERSION INICIAL | 74.458,10 | FACTURA | | | | |
| COSTO DE OPORTUNIDAD DEL CAPITAL | 12,00% | | | | | |
| COSTOS DE MANTENIMIENTO | 13.931,64 | REGISTRO | ANUAL A COSTO ACTUAL AÑO 0 | | | |
| | | COV | | | | |
| CRECIMIENTO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO | 1,93% | INEC | ANUAL | | | |
| GASTO MENSUAL DE OPERACIÓN | 2.321,94 | REGISTRO | (COMBUSTIBLE, ACEITES, GRASAS, REPUESTOS, LLANTAS) | | | |
| | | COV | | | | |
| VALOR RESIDUAL DEL BIEN | - | DEP CONTA | PRECIO DE VENTA AL SEXTO AÑO | | | |
| VIDA UTIL | 5,00 | DEP CONTA | AÑOS | | | |
| TASA DE CRECIMIENTO DEL COSTO DE OPERACIÓN | 3,86% | INEC | ANUAL | | | |
| INGRESO PROMEDIO POR VENTAS | | | ANUAL A COSTO ACTUAL AÑO | | | |
| VOLQUETA | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| GASTOS | - | | | | | |
| | 74.458,10 | | | | | |
| Mantenimiento | - | - | - 14.474,59 | - | - | |
| | 13.931,64 | 14.200,52 | | 14.753,95 | 15.038,70 | |
| Operación | - | - | - 2.504,65 | - | - | |
| | 2.321,94 | 2.411,57 | | 2.601,33 | 2.701,74 | |
| INGRESOS | | | 35.346,75 | | | |
| | 35.346,75 | 35.346,75 | | 35.346,75 | 35.346,75 | - |
| FLUJO ACTUALIZADO | | | | | | |
| GASTOS | - | | | | | |
| | 74.458,10 | | | | | |
| Mantenimiento | - | - | - 11.539,06 | - | - | |
| | 13.931,64 | 12.679,04 | | 10.501,57 | 9.557,37 | |
| Operación | - | - | - 1.996,69 | - | - | |
| | 2.321,94 | 2.153,18 | | 1.851,58 | 1.717,01 | |
| INGRESOS | | | 28.178,21 | | | |
| | 35.346,75 | 31.559,60 | | 25.159,12 | 22.463,50 | - |
| VAN | 0,00 | | | | Tarifa = | 27,90 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

Anexo 14

Tabla 23. Cobro de los tres factores de producción.

| REPLANTEO Y NIVELACIÓN | | | |
|-------------------------------|-----------------|------------------------|--------------|
| COBRAR | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
| MANO DE OBRA | 1871,00 | 0,415 | \$775,66 |
| EQUIPOS | 1871,00 | 0,170 | \$318,07 |
| MATERIALES | 1871,00 | 0,113 | \$210,49 |

Fuente: Parra D. Santiago G.

8.5 Anexo productividad total de los factores.

Anexo 15

Tabla 24. Productividad Total de los Factores

| | GASTOS | | | | | | | PRODUCTIVIDAD % | | | PTF | |
|---|---|---------------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|------------|---------------|---------------|---------------|
| | RUBRO | MANO DE OBRA | MATERIALES | EQUIPOS | TOTAL M.O | TOTAL MA. | TOTAL EQ | M.O+MA+EQ | M.O | MATER. | | EQUIPO |
| S1 | Replanteo y Nivelación | \$351,63 | \$48,40 | \$119,00 | \$1739,83 | \$48,40 | \$7921,47 | \$9709,70 | 2,21 | 4,35 | 2,67 | 0,9217 |
| | Desprendimiento de la carpeta asfáltica | \$327,36 | \$0,00 | \$2885,83 | | | | | 0,97 | 0,00 | 0,74 | |
| | Desalojo de material sin clasificar | \$1060,84 | \$0,00 | \$4916,65 | | | | | 1,08 | 0,00 | 0,82 | |
| | | COBRAR | | | | | | | | | | |
| | | MANO DE OBRA | MATERIALES | EQUIPOS | TOTAL M.O | TOTAL MA. | TOTAL EQ | M.O+MA+EQ | M.O | MATER. | EQUIPO | |
| | Replanteo y Nivelación | \$775,66 | \$210,49 | \$318,07 | \$2241,02 | \$210,49 | \$6498,40 | \$8949,91 | 2,21 | 4,35 | 2,67 | |
| Desprendimiento de la carpeta asfáltica | \$316,23 | \$0,00 | \$2134,41 | 0,97 | | | | | 0,00 | 0,74 | | |
| Desalojo de material sin clasificar | \$1149,14 | \$0,00 | \$4045,92 | 1,08 | | | | | 0,00 | 0,82 | | |

Fuente: Parra D. Santiago G.

8.6 Anexo fotográfico



Figura 11. Capacitación de la implementación del SUP al personal encargado.



Figura 12. Proyecto, reasfaltado de la calle Gaspar de Villarreal.



Figura 13. Reunión de planificación.

| REASFALTADO CALLE GASPAR DE VILLAROEL | | | | | | | FECHA |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------|
| ACTIVIDAD | SAB | LUN | MAR | MIE | JUE | VIE | 23/02/18 |
| TENDIDO Y COMPACTADO BASE | Desplazamiento de maquinaria | Desplazamiento de maquinaria | Desplazamiento de maquinaria | Desplazamiento de maquinaria | Desplazamiento de maquinaria | Desplazamiento de maquinaria | |
| | Carga de material | Carga de material | Carga de material | Carga de material | | | |
| | Vertido de material | Vertido de material | Vertido de material | Vertido de material | | | |

RESTRICCIONES: Señalización Segundo Sani

Figura 14. Tablero de la planificación semanal.



Figura 15. Reunión de planificación y recolección de datos de la semana anterior.