

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA INCREMENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD LABORAL EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE  
PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO, 2020**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**Bach. ELEGARDO MARINO PASTOR**

**Bach. DANIEL NOE MARINO PASTOR**

**ASESOR:**

**ING. GUIDO ROBERT MARIN CUBAS**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**



## HOJA DE FIRMAS

---

ASESOR

---

JURADO (Presidente)

---

JURADO

---

JURADO

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado:

A Dios quien es nuestro guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor está con nosotros todos los días de nuestra vida, por eso dedicamos primeramente este nuestro trabajo a Él.

A nuestros padres Isabel y Noé que nos han formado con valores y buenos hábitos, lo cual nos ha ayudado a salir adelante, por sus incansables oraciones diarias por nosotros sus hijos, las cuales son una gran bendición en nuestra vida.

A nuestros queridos hijos: Emerson Daniel y Jonathan Brandon (hijos de Elegardo), Christopher Patrik y Basthian Danyel (hijos de Daniel) que son nuestra inspiración y fuerza para seguir adelante.

A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Trujillo, por compartir sus conocimientos y experiencias, y ayudarnos en nuestra formación con bases competitivas para alcanzar el éxito profesional.

Los autores.

**Bach. MARINO PASTOR, ELEGARDO**

**Bach. MARINO PASTOR, DANIEL NOÉ**

## AGRADECIMIENTO

- Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con un objetivo más en mi vida.
- A mis padres quienes son mi mayor inspiración, que, a través de su amor, paciencia, consejos y oraciones, me ayudaron a concluir esta meta.
- Y por supuesto a la Universidad Privada de Trujillo, en ella a los distinguidos docentes quienes me han transmitido sus amplios conocimientos.

### **Bach. MARINO PASTOR, ELEGARDO**

- En primer lugar, agradecer a Dios por que la gratitud es nuestra línea más directa hacia ÉL, gracias por mantenernos con salud y darnos sabiduría.
- También manifestar nuestro agradecimiento a la Universidad Privada de Trujillo, por ofrecernos la oportunidad de moldearnos en nuestra carrera profesional con la finalidad de aplicar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de nuestra sociedad.
- A todas las personas quienes de una u otra forma han contribuido para concluir con este proyecto.

### **Bach. MARINO PASTOR, DANIEL NOÉ**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b> .....	3
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	4
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	5
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	8
<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	14
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	20
<b>1.3. Justificación</b> .....	21
<b>1.4. Objetivos</b> .....	23
<b>1.5. Antecedentes</b> .....	25
<b>1.6. Bases Teóricas</b> .....	35
<b>1.7. Formulación de la hipótesis</b> .....	75
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	77
<b>2.1. Material:</b> .....	77
<b>2.2. Material de estudio</b> .....	78
<b>2.3. Técnica de Muestro</b> .....	79
<b>2.4. Operacionalización de variables</b> .....	81
<b>III. RESULTADOS</b> .....	83
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	100
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	115
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	118
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	121
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Filosofía tradicional versus el nuevo concepto de construcción.....	38
Tabla 2. Integración de la perspectiva TFV (transformación-flujo-valor).....	40
Tabla 3. Interacciones entre TFV.....	42
Tabla 4. Prueba de Shapiro-Wilk de los puntajes de la aplicación de Lean Construction para incrementar la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.....	89
Tabla 5. Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.....	90
Tabla 6. Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.....	91
Tabla 7. Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.....	92

Tabla 8. Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.....	93
Tabla 9. Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.....	94
Tabla 10. Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema conceptual de producción Lean como un flujo de procesos.....	36
...	
Figura 2. Factores que inciden sobre la productividad.....	57
Figura 3. Ciclo de mejoramiento de la productividad.....	61
Figura 4. Ciclo de la productividad.....	64
Figura 5. Distribución del trabajo realizado en el proceso de perfilado y compactación de la subrasante en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	80
Figura 6. Distribución del trabajo realizado por actividades en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	81
Figura 7. Distribución del trabajo realizado en el proceso de sub base y base granular en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	82
Figura 8. Distribución del trabajo realizado por actividades en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	83



Figura 9. Distribución del trabajo realizado en el proceso de imprimación asfáltica en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	84
Figura 10. Distribución del trabajo realizado por actividades en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	85
Figura 11. Distribución del trabajo realizado en el proceso de carpeta asfáltica en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	86
Figura 12. Distribución del trabajo realizado por actividades en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	87
Figura 13. Distribución del trabajo realizado en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.....	88

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo general de determinar si la aplicación de Lean Construction incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, su tipo es aplicada; la muestra está compuesta por 24 obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020. Se elaboraron dos cuestionarios confiables y válidos con los que se obtuvo los datos de ambas variables, se usaron además cartas balance. Se utilizó el software estadístico para ciencias sociales SPSS V24 para procesar la información obtenida. Los resultados se presentan haciendo uso de tablas estadísticas.

Se obtuvo como resultado que del trabajo que realizan los obreros para el perfilado y compactación de la subrasante, el trabajo es productivo en un 57,5%, contributorio en un 17.5 y no contributorio en un 25%; En la subbase y base granular, el trabajo es productivo en un 62.5%, contributorio en un 25% y no contributorio en un 12.5%. En la imprimación el trabajo es productivo en un 50%, contributorio en un 35% y no contributorio en un 15%. En la carpeta asfáltica el trabajo es productivo en un 52.5%, contributorio en un 25% y no contributorio en un 22.5% (54 min); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra.

Se concluye que el 91,7% de los obreros e ingenieros consideran que la aplicación de Lean Construction es buena y la productividad laboral en la ejecución de obras es alta; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,879 ( $P < 0.01$ ), por ello se acepta que la aplicación de Lean Construction incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

Palabras Claves: Lean Construction, productividad laboral, obras de pavimentación.

## ABSTRACT

This research was conducted with the general objective of determining whether the application of Lean Construction increases labor productivity in the execution of paving works, Trujillo, 2020. The research has a quantitative approach, its type is applied; the sample is composed of 24 workers and engineers who work in the improvement of Av. Cesar Vallejo Stretch Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, during the year 2020. Two reliable and valid questionnaires were prepared with which the data of both variables was obtained, and balance letters were also used. The statistical software for social sciences SPSS V24 was used to process the information obtained. The results are presented using statistical tables.

It was obtained as a result that from the work carried out by the workers for the profiling and compaction of the sub-component, the work is productive at 57.5%, contributory at 17.5% and non-contributory at 25%; In the sub-base and granular base, the work is productive at 62.5%, 25% contributory and 12.5% non-contributory. In the primers the work is 50% productive, 35% contributory and 15% non-contributory. In the asphalt folder the work is productive by 52.5%, contributory by 25% and non-contributory by 22.5% (54 min); this reflects the significant loss of time on the part of workers, which consequently leads to the delay in the completion of activities and delivery of the work.

It is concluded that 91.7% of the workers and engineers consider that the application of Lean Construction is good and the labor productivity in the execution of works is high; being the Rho coefficient of Spearman 0.879 (P 0.01), therefore it is accepted that the application of

Lean Construction significantly increases labor productivity in the execution of paving works,  
Trujillo, 2020.

Keywords: Lean Construction, labor productivity, paving works.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Históricamente la productividad ha sido la principal preocupación del sector industrial y empresarial y más aún, en esta época de globalización de la economía, que hace que la competitividad sea transcendental y la competencia exige elevados niveles de desempeño en el sector industrial y empresarial; y, el sector de la industria de la construcción no es ajeno a esta problemática. El sector construcción es considerado como una industria poco eficiente, asociándose a ello: altos costos, baja productividad, poca calidad en los productos acabados y unos márgenes de beneficios bajos. Y, es prácticamente la única industria donde casi siempre los costos reales que se tienen al ejecutar el proyecto son superiores a los costos planificados; sumado a ello es el conservadurismo que rodea a la construcción, debido a que, son muy pocas las nuevas técnicas que consiguen introducirse en el día a día de los procesos constructivos (Baladrón, 2017).

Muchos autores consideran que la inclusión de nuevas técnicas y metodologías a los procesos constructivos en la industria de la construcción podría solventar la mayoría de estos problemas, pero muy pocos son los que han conseguido introducir cambios efectivos y adaptarse a ellos. La tendencia actual en el ámbito constructivo, es dar mayor énfasis a proyectos más rentables, esto generarían tipos de proyectos con una buena gestión en coordinación, planificación, organización y control. Los problemas se solucionan a medida que aparecen y como resultado de esto generan pérdidas económicas que afectan a los

proyectos. Si bien es cierto que hay inconvenientes que aparecen de forma inesperada, muchas de los problemas para ejecutar normalmente una actividad son predecibles (Brioso, 2015).

Arboleda (2014), señala que, la industria de la construcción a menudo es retratada como una industria conservadora, resistente a los cambios y tardía en adoptar nuevos métodos y avances tecnológicos. En realidad, este es un retrato generalmente que se ajusta bien a la realidad. Si a todo esto se le añade la baja especialización que poseen los trabajadores de construcción civil o especialistas en la rama de la construcción, se forma un problema aún más grande, debido a que, esto crea incertidumbre acerca de las condiciones laborales en las que se desempeñan los trabajadores. Como consecuencia, se genera un bajo rendimiento de las cuadrillas la cual se traduce a un incremento de plazos y de costos en el proyecto.

La mayoría de las empresas u organizaciones alrededor del mundo, sin importar su tamaño realizan estudios y aplicaciones para aumentar su productividad, y de esta manera hacerles frente a los mercados competitivos en los que han de competir para lograr la satisfacción de sus clientes, con el fin de lograr la mayor eficiencia económica en cada una sus actividades, trayendo como beneficio un ahorro. Esto implica, analizar la forma como se lleva a cabo la transformación en cada etapa del proceso, implementando para cada proceso establecido, un tiempo estándar, en el que el trabajador debe cumplir con esta actividad, para de esta manera evitar las demoras en la producción, y las pérdidas de

tiempo de los trabajadores creando de esta forma un sistema más estandarizado (Flores, 2016).

A nivel mundial, una de las problemáticas actuales en el sector construcción es la productividad, la cual repercute negativamente, en el colectivo de los trabajadores cuando el ejercicio de esta actividad, es ejecutado por personas no calificadas. En las construcciones que se llevan a cabo, se emplea menos de la tercera parte del tiempo para realizar tareas netamente productivas, según Ghio (2001) solo el 28% de la mano de obra se dedica a tareas productivas, en tanto que en Chile la productividad alcanza al 47% y en Europa el 60%. De continuar esta situación del bajo nivel de la productividad, la industria de la construcción local contará con menos recursos para ser competitivos y en una economía de mercado serán limitadas.

Por su parte, el informe especializado en el sector construcción en los países de Latinoamérica considera que en este sector la actividad económica con más demanda es la mano de obra y ejerce un efecto multiplicador en la economía y de acuerdo al estudio Latín América Regional Prime Office Report, Year-End-2013 realizado por Jones Lang La Salle; la ciudad de México, Panamá, Bogotá y Lima son las ciudades de América Latina, consideradas en auge para la inversión inmobiliaria.

La productividad en la construcción se atribuye, tanto a las conversiones como a los flujos, en las actividades de conversión depende del nivel de tecnología, las destrezas, la motivación, etc. Y en las actividades de flujo depende de las cantidades de las mismas y la



eficiencia con que estas interactúan con las conversiones. Los flujos pueden caracterizarse por su costo, tiempo y valor, y este último es el cumplimiento de los requerimientos del cliente (Gutiérrez, 2017).

En la fase de construcción, por ejemplo, la reducción de los tiempos de ejecución en las actividades de obra, el control del desperdicio de los materiales y la prevención de accidentes laborales son objetivos que si se logran cumplir agregarán valor a tal fase. Como respuesta para dar fuerza a este sector de la industria, aparece la metodología Lean Construction o Construcción sin pérdidas, filosofía que tiene sus raíces en la filosofía Lean Production, aplicada al sistema automotriz Toyota en Japón, la cual se enfoca en aumentar el valor del producto a partir de la eliminación cualquier tipo de actividad que no genere valor para el cliente, conocido como pérdida. La filosofía Lean Construction o construcción sin pérdidas aparece como una alternativa que mejora la competitividad de las empresas en el mercado, fortaleciendo su sistema de producción y optimizando las diferentes actividades y procesos (Ibáñez, 2018).

La industria de la construcción en el Perú, se caracteriza por presentarse como un sector cuyo pensamiento es tradicional acerca del arte y la forma de realizar las actividades laborales en los proyectos. La cultura de trabajo de los empleados, está enmarcada en los sistemas antiguos estandarizados poco aplicables de realizar para labores diarias de manera óptima, afectando directamente a la productividad y rentabilidad de los procesos constructivos. Ante este tipo de doctrina y como parte del cambio que se requiere en el país, han venido surgiendo a través de estos últimos años, nuevos sistemas metodológicos

y estrategias para mejorar los procesos y gestiones administrativas de los mismos.

Debido a la gran cantidad de proyectos y obras tales como: edificación, pavimentación, y obras de saneamiento que se ejecutan o están por ejecutarse en nuestro ámbito tanto obras públicas como privadas y al creciente desarrollo que va presentando nuestro país; las empresas en competencia deberán estar a la vanguardia de las nuevas tendencias para un buen desempeño y lograr resultados eficientes en la ejecución de los proyectos. En aras a una buena gestión de los proyectos y obras; la aplicación de Lean Construction ofrece un buen control de los proyectos y obras, logrando mejoras en la productividad, reducción de pérdidas, y por qué no la reducción del plazo de ejecución de los proyectos.

La aplicación de Lean Construction que se pretende plasmar y dar a conocer para la ejecución de los proyectos y seguimiento de las obras, tales como: edificación, pavimentación y obras de saneamiento, para una buena gestión en la ciudad, y obtener resultados positivos en cuanto a la producción de estas, es un método factible que trae resultados eficientes, ya que hoy en día las grandes empresas en nuestro país la vienen desarrollando teniendo consigo buenos beneficios con la aplicación de esta filosofía.

La implementación de la filosofía Lean Construction, en obras de pavimentación, debe estar acompañada de un avance tecnológico, que no está al nivel del sector industrial pero que poco a poco se valla haciendo más competitivo y productivo. Las diferentes organizaciones del país han buscado diversas maneras de aplicar estrategias industriales

para la solución de dichos problemas: Administración estratégica, Medición de la eficiencia y productividad a través de herramientas matemáticas (indicadores de gestión), diagramas de procesos productivos generales, entre otras. La aplicación de Lean Construction, presenta propuestas interesantes en el campo gerencial y administrativo, pero la aplicabilidad en el campo real de la construcción presenta gran trascendencia, debido a que, permite llegar hasta las verdaderas causas que están generando los problemas constructivos.

Actualmente en nuestro país y específicamente nuestra ciudad de Trujillo se sigue usando el método tradicional para el seguimiento y control de las obras tales como edificación, pavimentación y obras de saneamiento; el método tradicional o como lo se denomina modelos de conversión, ya que transformamos la materia prima en un producto terminado, este método no es muy eficiente ya que solo prevé el cumplimiento de las partidas sin importar el cómo se desarrollen; sin embargo la filosofía Lean Construction se centra en los flujos de pequeños lotes que intervienen para que se cumpla y termine dicha partida, permitiendo así un mejor uso de los recursos, un mejoramiento continuo, reducción en los costos de construcción y reducción de la duración de la obra.

Como se refiere, la filosofía Lean Construction a diferencia de las prácticas convencionales se enfoca en las pérdidas y en la reducción de las mismas que se pueden apreciar en las obras de edificación, pavimentación y obras de saneamiento. El punto de partida es acrecentar la confiabilidad de las asignaciones de trabajo al nivel de la producción misma de las obras típicas que se vienen mencionando. Este enfoque no

coincide con la forma actual en la que se gestionan los proyectos, en la cual se confía del manejo en el ámbito del proyecto completo para coordinar el trabajo, contratar el mismo y para medir la performance de los sistemas de control, los sistemas de gestión tradicionales, al carecer de un sistema que permita predecir con cierta exactitud el flujo del trabajo, por lo general diseñan cuadrillas que deben adoptar un esquema de flexibilidad para mantenerse ocupadas. Por lo tanto, los sistemas de gestión de producción actuales inyectan incertidumbre en el flujo de trabajo y por consiguiente pérdidas.

La implementación de Lean Construction para incrementar la productividad en obras de pavimentación, dentro de las diferentes fases del desarrollo debe pasar inicialmente por múltiples aprobaciones antes de lograr llevarse a feliz término en la realidad, es importante primero que todo, hacer entender a todas aquellas personas que participarán en su implementación los beneficios que trae esta metodología para la empresa, y esto debe hacerse desde los gerentes quienes son los que finalmente dan su aprobación a todas aquellas ideas presentadas por sus colaboradores, siempre y cuando estas estén alineadas con las políticas y objetivos de la compañía (Meza, 2017).

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida la aplicación de Lean Construction incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020?

### 1.3. Justificación

El presente estudio es de gran importancia, porque, la aplicación del Lean Construction se hace necesaria debido a que plantea un manejo operacional que apunta a eliminar y/o reducir pérdidas en los procesos constructivos que conllevan a aumentar la productividad de la mano de obra; y, por consiguiente, hacer más rentable un proyecto de construcción, esto teniendo en cuenta que, la construcción de infraestructura ha tomado fuerza en gran parte del territorio nacional, como resultado de que la situación económica del país ha venido mejorando los últimos años lo que ha incentivado a muchas personas a adquirir techo en lugar de pagar arriendo, esta motivación ha hecho que las empresas constructoras se interesen cada vez más por desarrollar este tipo de proyectos debido a que, su ejecución es relativamente sencilla dada la eliminación de los acabados lo que los hace mucho más rentables. Por tanto, esta investigación contribuye como aporte informativo de las empresas que quieren incrementar la productividad laboral.

- **Valor teórico**, este estudio se fundamenta, en la necesidad de incrementar las bases teóricas que se tiene acerca de la filosofía Lean Construction, esto debido a que, se está sintiendo el auge de este modelo de gestión de proyectos, pero la mayoría de información está relacionada a proyectos de edificación de viviendas familiares. De la literatura se puede observar que las aplicaciones de la filosofía sin perdidas en la construcción se centran en el sector de los edificios, viviendas y minería. En proyectos de infraestructura, como pavimentos y puentes, la aplicación de estos conceptos está en sus etapas de infancia,

por lo tanto todavía no está bien evaluado e investigado (Hamdar, Kassem, Srour y Chehab, 2015), por lo que se podría especular que sus niveles de productividad serán aun menores debido a la mayor variabilidad a la que se encuentran sometidas, estas inherentes particularidades son comúnmente utilizadas como excusas por los responsables de los proyectos para justificar deficiencias en gestión y uso de recursos argumentando que estos no tienen solución (Román, 2015).

- **Relevancia social**, la presente investigación busca ser un aporte para fortalecer el conocimiento sobre el Lean Construction, de la industria de la construcción en la ciudad de Trujillo, que permita reducir los desperdicios en los procesos constructivos de pavimentación; esta información puede ser utilizada por los encargados de los proyectos de construcción como punto de partida para mejorar sus procesos constructivos, con el fin de iniciar los procesos de mejora continua, ya que la identificación de desperdicios son una medida indirecta de la productividad, asumiéndose que al identificar las categorías y causas de estos en la construcción y reducirlas, se incrementara la productividad.

- **Implicaciones Prácticas:** con la aplicación del Lean Construction se busca orientar la administración de la producción en construcción teniendo como objetivo principal reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, enfocándose para ello principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. En ese sentido, los profesionales de la construcción deben innovar sus métodos de trabajo para enfrentar exitosamente la competitividad en este sector. La

aplicación de las nuevas ideas en el desarrollo de proyectos de construcción pretende utilizar de manera eficiente los recursos, mejorando así la competitividad de las empresas y proyectos de construcción, ya que, al incorporar nuevas filosofías de gestión, se mejora el desarrollo de los proyectos (calidad y productividad).

- **Utilidad metodológica;** Lean Construction da un nuevo enfoque de gestión de la producción en la industria de la construcción, lo cual requiere un cambio cultural en todos los niveles, que permita establecer nuevos sistemas de medición, utilizando programas estadísticos, aplicación de nuevas técnicas de planificación y control del proceso productivo. Para cumplir este objetivo, hay que capacitar a los profesionales encargados de la planeación, ejecución y control de los proyectos en las nuevas estrategias de gestión, con el fin de que se conviertan en facilitadores en la aplicación de los nuevos conceptos.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar si la aplicación de Lean Construction incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Medir los procesos realizados con la aplicación de Lean Construction en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

- Comparar la productividad laboral del sistema tradicional con el enfoque Lean Construction en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.
- Determinar si la aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.
- Determinar si la aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.
- Determinar si la aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.
- Determinar si la aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.
- Determinar si la aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.



## 1.5. Antecedentes

Valencia (2018), en su tesis: *Aplicación de lean construcción al sector de la infraestructura vial en Colombia*. (Tesis posgrado). Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia. Investigación que tiene como objetivo general; establecer el procedimiento para la implementación de la metodología Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) en el proceso constructivo del sector de infraestructura vial en Colombia a través de la identificación y mejora de los 11 principios Lean para garantizar un producto de calidad y rentabilidad en las empresas y/o proyectos del país. La población está conformada por trabajadores de Empresas Constructoras, C.A. Por lo que se refiere a su metodología esta investigación de carácter descriptiva. Como resultado se evidencio que una de las causas que más genera pérdidas en el sector de infraestructura vial en Colombia son las esperas en los procesos constructivos, por lo que conlleva a planificar mejor las tareas y actividades de los procesos establecidos por las empresas. La filosofía Lean Construction, se fundamenta en la administración de la producción en la construcción y su objetivo principal es el de reducir o eliminar las actividades que no agregan valor a los proyectos y la de plantear un sistema de producción que minimice residuos o desperdicios en los proyectos.

La importancia de identificar mecanismos que permitan implementar la filosofía Lean Construction, radica en generar un aumento en la productividad de materiales, mano de obra y maquinaria, aumentando el valor del producto final a partir de la eliminación de cualquier tipo de pérdida que pueda ocurrir. Para la implementación de la filosofía Lean

Construction, se requiere de un compromiso gerencial que parte desde los socios de las compañías, quienes podrán apreciar el logro de los resultados positivos apoyando los procesos de evaluación de los consumos de las actividades de la construcción, apoyando también la determinación de las pérdidas con la implementación de filosofía lean Construction y sus herramientas como el método de planeación “ultimo planificador.

Tipan (2018) en su tesis: Incidencia de variables de caracterización de cultura organizacional en la filosofía lean construction para pequeñas y microempresas constructoras en el Ecuador. (Tesis pregrado). Escuela Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito, Ecuador. Investigación que tiene como objetivo general estudiar las relaciones existentes entre las variables de caracterización de cultura organizacional y la filosofía LC. La metodología de se basó en la validación de la investigación realizada en la Universidad Andina Simón Bolívar, la Influencia del

Liderazgo en el Clima Organizacional, Análisis de la PYME Ecuatoriana. La población estuvo conformada por 20 pequeñas y microempresas constructoras ecuatorianas y se estudiaron las variables de desarrollo de las pequeñas y microempresas. Como resultados de la validación de información, se generaron organigramas acordes a la gestión organizacional de la pequeña y microempresa ecuatoriana, así como la elaboración de un manual de adaptación de la filosofía LC en matrices donde se identifica la comparación de la filosofía LC original y la filosofía LC modificada. Además, se estudió la incidencia de variables de cultura organizacional en la herramienta Last Planner de la filosofía LC,

mediante inferencias lógicas, que es el proceso de obtención de una proposición mediante proposiciones previas.

La investigación realizada revalidó que el gerente general de las pequeñas y microempresas tiene una importante incidencia en la gestión y clima organizacional, por tanto, la filosofía LC fue creada para ser aplicada en un medio que busque las soluciones citadas y que la empresa que lo haga esté dispuesta a pérdidas en un corto plazo, al ser un proceso lento, pero con buenos augurios a mediano plazo.

Ibáñez (2018), en su tesis: Análisis y definición de estrategias para la implementación de las herramientas del lean construction en Chile. (Tesis posgrado). Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile. Investigación que tiene como objetivo general realizar un análisis de la situación en Chile de las prácticas de las herramientas de Lean Construction que se han estado implantando y proponer las estrategias para que estas puedan ser implementadas. El diseño metodológico es de tipo descriptivo, se realiza una revisión sobre la filosofía Lean Manufacturing y sus herramientas. Luego se estudia la aplicación en el área de la construcción, lo que se conoce como Lean Construction. Se hará énfasis en las herramientas aplicables al desarrollo de un proceso constructivo. La población estuvo conformada por antecedentes teóricos relacionados al tema. Obteniendo como resultado que el sistema de control de producción basado en la filosofía Lean en Chile no ha tenido la penetración que ha tenido en países desarrollados. Por esto es importante averiguar las razones. Para aumentar la productividad en construcción, es importante estudiar cuáles son las buenas prácticas o complementos al sistema que se deben implementar.

En la etapa de construcción en los proyectos existe incertidumbre en la ejecución de actividades debido a la cantidad de variables involucradas. Esto ocasiona que en general los tiempos en terreno sean distintos a los proyectados teóricamente. Dada esta diferencia, se opta por no darle la importancia que necesita la programación de actividades y existe además la creencia de que dedicar tiempo a reuniones en oficina significa tener menos tiempo para realizar actividades en obra.

Chacha (2017), en su tesis: Desperdicios (pérdidas) en obras viales enfocado a la filosofía Lean Construction. Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. Investigación que tiene como objetivo general Identificar las fuentes de desperdicios en los procesos constructivos de pavimentación. La metodología empleada ha sido el estudio de caso, con el fin de dar validez y evaluar los desperdicios generados en obras de pavimentación, este se aplicó en dos constructoras viales del sector privado, que por confidencialidad fueron descritas como Empresa A y Empresa B; evaluándose los desperdicios por rubro. La revisión de la bibliografía se realizó teniendo en cuenta el conocimiento literario real y la experiencia técnica personal de los autores sobre los desperdicios en obras. Por medio de los resultados arrojados en la investigación se establece que los principales desperdicios en este tipo de construcciones son las esperas por material, por área de trabajo, por información y por cisterna, también el tiempo ocioso producto de la actitud del trabajador es otra fuente de desperdicios con mayor incidencia, lo que evidencia el error del pensamiento tradicional con el que se manejan los proyectos de construcción, los cuales no consideran que las construcciones no solo son de

transformación, sino también de flujos. Al realizar la comparación entre las dos empresas se puede concluir que la empresa B es más competitiva que la A, evidenciándose una menor cantidad de desperdicios, lo que conlleva a deducir que tienen una mejor organización y planeación, haciéndola más productiva. Las construcciones viales al ser sistemas de flujo continuo y alineado, presenta menor cantidad de desperdicios en comparación a la construcción de edificios y viviendas los cuales son considerados como sistemas de producción repetitivos, descartándose así la hipótesis planteada.

Crespo (2015), en su tesis: Mejora de la productividad en la construcción de edificaciones en la ciudad de Quito, Aplicando Lean Construction. (Tesis posgrado). Universidad Central del Ecuador. Quito- Ecuador. Investigación que tiene como objetivo general emplear la nueva filosofía “Lean Construction” en proyectos de edificaciones de obras civiles en la ciudad de Quito como estrategia de mejoramiento continuo en los procesos productivos, gestión de sus trabajadores e incremento del valor agregado del producto final en búsqueda de mayores niveles de productividad, competitividad y rentabilidad. En cuanto al diseño de investigación, es un diseño investigativo. Entre los resultados encontrados se desarrolló un diagnóstico general de la situación de cada uno de

los proyectos y un diagnóstico de la productividad de las actividades que generan desperdicios, posteriormente se procesó la información la misma que se registró y se tabuló, permitiendo analizar la información estadística sobre las pérdidas obtenidas, estableciendo estrategias de mejoras y volviendo a medir la productividad de las mismas, y para complementar a esta filosofía se aplicó la técnica de “Last Planner” (el último

planificador), desarrollando una planeación de largo plazo (plan maestro), planeación a mediano plazo (plan intermedio), y la planeación a corto plazo (plan semanal).

Consiguiendo de esta manera el cumplimiento de las tareas de las planificaciones y reduciendo la incertidumbre que se produce en los proyectos. Finalmente se estableció una ruta de planeación y ejecución para los proyectos de edificación basados en la filosofía Lean, permitiendo una mejora continua en los procesos productivos, en la gestión de sus trabajadores, alcanzando un incremento del valor agregado del producto final, enmarcados en obtener altos niveles de productividad, competitividad y rentabilidad.

En cuanto a las investigaciones relacionadas al tema en el Perú, están las de; Vásquez (2019), en su tesis; Aplicación de la filosofía lean construction en la ejecución y control de proyectos civiles. (Tesis pregrado). Universidad Peruana del Centro. Huancayo, Perú. Investigación que tiene como objetivo general determinar un modelo de gestión de productividad y control mediante la aplicación de la filosofía lean construction, para optimizar los recursos económicos en proyectos de infraestructura educativa en el sector público de la región Junín. La metodología es de tipo aplicada cuantitativo experimental, se recoge datos de productividad de cuadrillas de operarios y se cuantifica el trabajo productivo, contributivo y no contributivo, luego se procesa de acuerdo a la carta balance. Obteniendo como resultado que se obtuvo una herramienta de gestión, a través de la determinación de un modelo de gestión con la aplicación de la filosofía Lean Construction en proyectos de infraestructura educativa en el sector público con un resultado de 38% del

trabajo productivo, 37% trabajo contributivo y un 25% no contributivo, este porcentaje indica que el TP es mayor al TNC por cuanto es un indicador positivo de gestión.

Concluyendo que se logró la gestión en productividad y control mediante la aplicación de la filosofía lean construction, generando una herramienta de gestión que optimiza los recursos económicos en proyectos de infraestructura educativa en el sector público. El modelo de gestión en la productividad mediante la aplicación de la filosofía lean construction y sus herramientas en las infraestructuras educativas, aumenta la productividad significativamente.

Arenas (2018), en su tesis: Mejora de la gestión en obra de la especialidad de estructuras con la aplicación del Lean Construction. (Tesis posgrado). Universidad Peruana los Andes. Lima, Perú. el objetivo general es mejorar la Gestión en obra de la especialidad de estructuras en la construcción de edificaciones de la empresa Masedi Contratistas Generales S.A.C mediante el empleo del “Lean Construction”, la hipótesis que debe comprobarse es: el empleo del “Lean Construction” mejorará la Gestión en obras de la

especialidad de estructuras en la construcción de edificaciones de la empresa Masedi Contratistas Generales S.A.C. El método utilizado es el método científico, el tipo de investigación es aplicada, tiene un alcance o nivel explicativo y un diseño de investigación pre experimental. La población está conformada por 4 edificios en proceso constructivo en la provincia de Lima de la empresa constructora Masedi Contratistas Generales S.A.C. El tipo de muestreo es no probabilístico-intencional y está compuesta por la construcción del edificio “Certus” en Villa el Salvador.

La conclusión fundamental es que utilizar el Lean Construction mejoró la gestión de proyectos en la etapa de planificación, ejecución y seguimiento de obras en la especialidad de estructuras de la empresa Masedi Contratistas Generales S.A.C, influyendo en costos, afectando el tiempo de programación y contribuyendo en la gestión de calidad de sus diferentes proyectos de construcción.

Alberca y Mauro (2019). Implementación de la filosofía Lean Construction en las obras de pavimentación ejecutadas por la empresa constructora CISSAC. Universidad Privada del Norte. Lima, Perú. El proyecto de Investigación consiste en evaluar el nivel de productividad de tres (03) pavimentaciones ejecutadas por la empresa constructora Corporación Inmobiliaria Sudamericana SAC (CISSAC) , mediante la aplicación de las herramientas más efectivas de la filosofía Lean Construction, como son la de Carta Balance y Nivel General de actividad, de esta manera medimos que tan balanceada se encuentra la cuadrilla en estudio, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo

general “Implementar la filosofía Lean Construction en las obras de pavimentación ejecutadas por la empresa constructora Corporación Inmobiliaria Sudamericana SAC (CISSAC), para elevar su nivel de Productividad”, esta filosofía se aplicó a las partidas que aportan mayor valor económico a las obras, como son acero, encofrado y desencofrado y vaciado de concreto en losa de concreto armado, una vez aplicada las herramientas se llegó a la conclusión de que todas las cuadrillas tomadas como muestras no se encuentran balanceadas por lo que se establece propuestas de mejora, a fin de maximizar los rendimientos del personal.



Burneo (2015). Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction. Universidad de Piura. La investigación parte de los problemas del contratista en la ejecución del contrato de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la carretera Sullana - Macará, están ligados al incumplimiento de los niveles de servicio, lo que se asocia a problemas de productividad en los procesos. La filosofía Lean Construction ha sido aplicada con éxito en la construcción de edificaciones, sin embargo, en el presente trabajo se aplicó este concepto de gestión de producción, para mejorar la productividad en actividades de mantenimiento rutinario de dicha carretera. Con la implementación de la metodología sugerida por lean, se lograron resultados positivos, lo que demuestra la viabilidad de la filosofía en esta área de trabajo, debido a que el Lean Construction no limita la aplicación de sus principios a la construcción, por el contrario, incentiva a la generación de nuevas ideas que ayuden a disminuir tiempos y actividades no productivas y por ende mejorar la productividad en proyectos de mantenimiento de carreteras.

Flores y Ramos (2018). Análisis y evaluación de la productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú. El objetivo de la investigación es evaluar la productividad y conocer las causas de la baja productividad en las obras de construcción en la ciudad de Arequipa. Se realizó un muestreo de las obras públicas ejecutándose en la ciudad de Arequipa, del total de obras ejecutándose en la ciudad se evaluó una muestra representativa. En cada obra se realizó un seguimiento durante una semana, evaluando su productividad, posteriormente se

realizaron encuestas al personal Supervisor y a la Fuerza Laboral. De la presente investigación se ha encontrado que las obras de infraestructura vial para la ciudad de Arequipa (urbana) se desarrollan con un nivel medio de productividad de 27.7%. Valor encontrado a través del NGO, así validando nuestra primera hipótesis. Este parámetro es un indicador del estado actual de cómo se ejecutan las obras en la ciudad de Arequipa y el nivel de gestión empleado. De acuerdo el diagrama de Pareto promedio (figura 68), las principales causas de baja productividad de las 10 obras son: las Esperas (E), Descansos (D), Transportes (T), Viajes (V). Acumulando entre estas 4 labores el 34% de ocupación del tiempo, se mejorará productividad si nos centramos en disminuir al mínimo la ocupación del tiempo en estas labores.

Cayetano y Zúñiga (2016). Determinación del rendimiento de mano de obra en pavimentos rígidos de la ciudad de Huancavelica, aplicando el modelo de regresión múltiple con variables ficticias. El presente trabajo de investigación tiene como finalidad determinar el rendimiento de mano de obra en pavimentos rígidos de la ciudad de Huancavelica, aplicando el modelo de regresión múltiple con variables ficticias y para ello, se realizó un estudio minucioso, real y detallado en pleno proceso de construcción. En el Registro de la Fase de Inversión de un Proyecto, es la etapa donde todo proyecto tiene una inversión económica y comienza el proceso constructivo y es ahí donde se requiere del personal obrero de la cual dependerá el tiempo de ejecución del proyecto. El rendimiento de la mano de obra es un factor muy determinante en el proceso constructivo de todo proyecto, sin ella no podrá ejecutarse o llevarse a cabo ningún proyecto. Así mismo existen

factores que influyen en el rendimiento de mano de obra; como son el factor Clima, el Factor de Calidad de Mano de Obra, el Factor de Calidad de Materiales, el Factor de Calidad de Maquinarias y Equipos y por último la Disponibilidad de Recursos. Se determinó el rendimiento de mano de obra de cada partida constituida en obras de Pavimento Rígido, obtenidas por el modelo de regresión múltiple con variables ficticias. Se determinó los factores que intervienen en el rendimiento de mano de obra las cuales son: el factor Clima y Ubicación Geográfica, el Factor de la Calidad de Mano de Obra, el Factor de Calidad de Materiales, el factor de Calidad de Maquinarias y Equipos y el Factor de Disponibilidad de Recursos y otros factores, los cuales pueden ser negativo o positivos en resultado del rendimiento de mano de obra.

## **1.6. Bases Teóricas**

### **1.6.1. Aplicación de Lean construction**

#### **1.6.1.1. Definición**

Según Botero (2002) (Construcción sin pérdidas); Como estrategia de gestión en proyectos de construcción. Presentación de Diapositivas. Universidad EAFIT, Medellín. (2014): “Lean es un término que se refiere a una forma de hacer negocios donde se centraliza en maximizar el valor para los clientes eliminando todas las pérdidas de las actividades que no generan valor. Para obtener la eficiencia en las actividades se evalúa el desempeño en calidad, tiempo, costo del proyecto.

La filosofía de Lean Construction se fundamenta en la optimización de los

procesos productivos mediante la identificación y eliminación de desperdicios, y el análisis de la cadena de valor, para lograr un flujo de material estable, constante, en la cantidad adecuada, con la calidad asegurada y en el momento en que ésta filosofía sea necesario, es decir, tener la flexibilidad y fiabilidad de que el producto sea fabricado en el tiempo en que lo solicite el cliente, sin producir más o menos de lo requerido (Pérez, 2011).

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean Construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en la construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al

proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas que ayuden a generar un sistema de producción efectivo que minimice los residuos (Koskela, 2000).

Entendiéndose por residuos todo lo que no añade valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. Estos últimos (residuos), en la gestión tradicional no se tienen en cuenta por que el concepto de producción actual es erróneo al considerarla como un proceso de solo transformación en donde entran materiales y se obtienen unidades productivas, olvidando optimizar los flujos que esos materiales tienen que seguir para poder obtener el producto (Koskela, 2000).



Nota. Buleje Kevin – Productividad en la Construcción

### 1.6.1.2. Orígenes del concepto lean construction

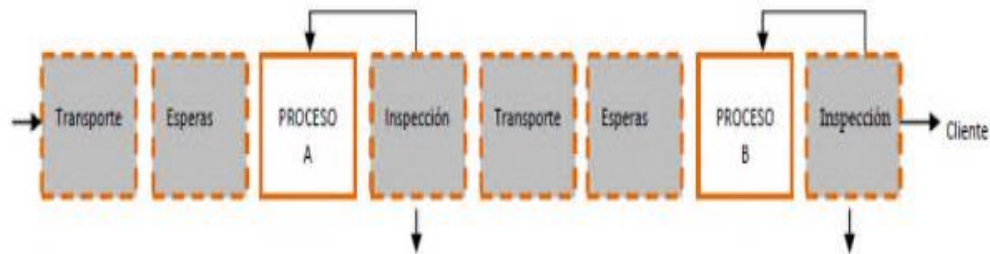
Ballard y Howell (1998) consideran que el pensamiento Lean, es una nueva forma de administrar la construcción y aplica las técnicas de manufactura a la construcción, tratando de lograr mayor estandarización a los proyectos, considerando la dinámica existente de la construcción.

Howell (1998) explica que la administración de la construcción bajo el pensamiento Lean, es diferente de la práctica habitual motivado a que:

- Se tienen claros los objetivos de los procesos.
- Contribuye a maximizar el desempeño del cliente en el proyecto.
- Se diseña el producto y el proceso.
- Aplicar el control de la producción durante todo el ciclo del proyecto.

Koskela (1992) explica el nuevo concepto de la producción mediante el flujo de materiales y/o información desde las materias primas hasta el producto final. En este flujo, el material es procesado o transformado, inspeccionado, permanece en espera o en movimiento. Estas actividades son inherentemente diferentes. El procesamiento representa el aspecto de transformación de la producción, en cambio,

la inspección, el movimiento, y la espera representan el aspecto de flujo de la producción.



**Figura 1.** Esquema conceptual de producción Lean como un flujo de procesos

La nueva conceptualización implica una visión dual de producción, que consiste en transformaciones y flujos. La eficiencia de la producción es atribuible a la eficiencia de las actividades de transformación y a la eficiencia de los flujos de actividades (a los que pertenecen las actividades de transformación). Todas las actividades implican costos y consumen tiempo, pero es importante distinguir aquellas actividades que agregan valor y las que no lo hacen.

Koskela (1992) explica que la filosofía Lean Construction logra captar las peculiaridades de los sistemas productivos en la industria de la construcción, proponiendo diferentes herramientas para enfrentar acertadamente el dinamismo, la variabilidad, y la temporalidad de los proyectos.

**Tabla 1**

Filosofía tradicional versus el nuevo concepto de construcción

	<b>Concepto tradicional de producción</b>	<b>Nuevo concepto de la producción</b>
<b>Objetivo</b>	Afecta a los productos y servicios.	Afecta a todas las actividades de la empresa.
<b>Alcance</b>	Actividades de control.	Gestión, asesoramiento, control.
<b>Modo de aplicación</b>	Impuesto por la dirección.	Por convencimiento y participación.
<b>Metodología</b>	Detectar y corregir.	Provenir.
<b>Responsabilidad</b>	Del departamento de calidad.	Compromiso de todos los miembros de la empresa.
<b>Clientes</b>	Ajenos a la empresa.	Internos y externos
<b>Conceptualización de la producción</b>	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que todas añaden valor al producto.	La producción está compuesta por actividades que no agregan valor de los flujos
<b>Control de producción</b>	Dirigido al costo de las actividades.	Dirigido al tiempo, costo y valor de los flujos
<b>Mejoramiento</b>	Incremento de la eficiencia de las conversiones a través de la utilización de nueva tecnología.	Eliminación de las actividades que no agregan valor (perdidas), incrementando la eficiencia de las actividades que lo generan, a través del mejoramiento continuo y la implementación de la nueva tecnología.

Nota. Koskela (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report No. 72.

Ghio (2001) considera que la diferencia de Lean Construction de las prácticas tradicionales es su enfoque en las pérdidas y en la reducción de las mismas, mientras que Koskela (1992) añade que el segundo punto fundamental es el manejo del modelo de flujos propuesto por en contraposición del modelo de conversión. El modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no permite ver.

Koskela (1992) considera que dentro de la producción Lean, las actividades que no agregan valor son expresamente identificadas. Es posible iniciar la reducción significativa de los costos de las actividades que no agregan valor, a través de la medición y la aplicación de los principios para el mejoramiento del control de flujo propuesto. Las actividades que agregan valor son mejoradas a través del mejoramiento continuo interno y un mejor uso del equipamiento existente. Solo después que este mejoramiento se podría considerar las inversiones en nuevas tecnologías.

#### **1.6.1.3. Teoría TFV (transformación-flujo-valor)**

Koskela (2000) propuso que la producción puede ser conceptualizada en tres maneras, como transformación, como flujo y valor y que en la producción estos valores debieran ser simultáneamente utilizados.

Los conceptos de Transformación, Flujo y Valor de producción, no son alternativas excluyentes o teorías de producción competidoras, sino más bien parciales y complementarias. Cada una de éstas se focaliza en un cierto aspecto del fenómeno de producción: el concepto de transformación en la transformación para generar valor; el concepto de flujo en las actividades que no agregan valor; y el concepto de generación de valor se centra en el control de la producción desde el punto de vista del cliente.



**Tabla 2**

Integración de la perspectiva TFV (transformación-flujo-valor)

	<b>Perspectivas de conversión</b>	<b>Perspectiva de flujo</b>	<b>Perspectivas de generación de valor</b>
<b>Conceptualización de la producción</b>	Como transformación de inputs en outputs.	Como un flujo de materiales, compuesto de transformaciones, inspecciones, transporte y esperas.	Como un producto donde el valor, para el cliente es generado a partir de la satisfacción de sus necesidades.
<b>Principios principales</b>	Hacer la producción en forma eficiente.	Eliminación de pérdidas (actividades que no agregan valor)	Eliminación de pérdidas de valor.
<b>Métodos y prácticas</b>	WBS, MRP, OBS.	Flujo continuo de producción pull, mejoramiento continuo.	Método de captura de requerimientos, despliegue de la función calidad.
<b>Contribución practica</b>	Cuidar lo que hay que hacer.	Cuida de que lo innecesario es realizado lo menos posible	Cuidar de lo que requiere el cliente es satisfecho de lo mejor posible.
<b>Nombre sugerido para la aplicación práctica de la perspectiva</b>	Task Management.	Flow Management.	Value Management.

Nota. Koskela (2000) An exploration towards a production theory and its application to construction Ph.D. thesis, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.

Koskela (1999) propuso que sufrimos por las deficiencias encontradas en la realidad en el área de la construcción; y piensa que hay tres amplias repercusiones. En primer lugar, los problemas de rendimiento crónico. En segundo lugar, la falta de teoría explícita, ha sido difícil de aplicar métodos de gestión de flujo y la gestión de valor en la construcción. En tercer lugar, nuestros esfuerzos por desarrollar procesos

usando la tecnología de información o industrialización, han sido obstaculizados por la falta de una teoría.

Koskela (2000) considera que la teoría TFV como una metodología para el diseño, control y mejoramiento de la producción y deben llevarse a cabo como una integración de transformación, flujo y conceptos de valor y no como conceptos alternativos.

Tsao (2005) explica que la visión de los planificadores de proyecto acerca de la producción relacionada con la teoría TFV es la siguiente: la Producción como la transformación de inputs y outputs enfocando la minimización de costos de cada transformación en forma independiente, la producción como el flujo de materiales resultantes de la transformación, inspección, movimiento y esperas, la producción como generación de valor como un proceso donde el valor es creado para sus clientes cumpliendo sus requerimientos.

Koskela (2000), expone que, para lograr las metas de producción, los tres conceptos deben estar en forma balanceada y sus interacciones controladas para evitar anomalías. Evidentemente, un Sistema de Producción donde los principios de los tres conceptos han sido implementados en todos los niveles de administración tendrá mejores desempeños que uno donde los conceptos han sido implementados en menor forma.

**Tabla 3**

Interacciones entre TFV

	Impacto de Conversión	Impacto en Flujo	Impacto en Valor
<b>Impacto de C en otro concepto</b>		Tecnología de transformación más proveerá una menor variabilidad.	de Inputs más costosos contribuirán a obtener un mejor resultado.
<b>Impacto de F en otro concepto</b>	Flujos con menor variabilidad requieren una menor capacidad. Es más fácil introducir tecnologías de transformación si existe menos variabilidad.		Sistemas de producción más flexibles permiten cumplir con los patrones de demanda. Sistemas de producción con menor variabilidad interna, son capaces de producir productos de mejor calidad.
<b>Impacto de V en otro concepto</b>	Modelo de demanda más variables permiten beneficios a escala y mayor utilización.	Perfeccionamiento de la relación entre el cliente interno y los proveedores contribuye a reducir pérdidas.	

Nota. Koskela (2000) An exploration towards a production theory and its application to construction Ph.D. thesis, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.

#### 1.6.1.4. Beneficios de Lean

Según lo expresado por Botero (2012), Lean Construction (Construcción sin pérdidas); Como estrategia de gestión en proyectos de construcción. Diapositivas de presentación, universidad EAFIT, Medellín. (2014): La reducción de los costos de operación es a través de la minimización de actividades sin valor. Ser capaz de entregar el proyecto con mayor rapidez, con un flujo de trabajo más consistente, la realización de un producto de calidad adecuada y estableciendo una cultura que trabaje continuamente en el mejoramiento del desempeño.

Por lo que, Lean Construction trata de alcanzar estos objetivos en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de edificación, contando con todos los agentes sociales que intervienen en el proceso de diseño y construcción y con todas las personas y empresas que participan en la cadena entera de suministro y en cada flujo de valor, sin dejar a nadie fuera e integrando a todos bajo una meta común según los principios del sistema Lean. Lean Construction es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto, una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras. La gestión de la producción Lean ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, Lean cambia la forma en que se realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega (Arboleda, 2014).

#### **1.6.1.5. Principios de Lean**

El pensamiento Lean contempla los siguientes principios básicos que fueron definidos por Koskela (2000), para las etapas de diseño y control de la producción. Por otra parte, Liker (2006) definió los 14 principios del Sistema de Producción Toyota. A continuación, describimos estos principios básicos del pensamiento Lean, más la transparencia, la capacitación y la mejora continua:

##### **- Identificar actividades que no agregan valor**

Se identifican las actividades que no agregan valor y se busca reducirlas y, en el mejor de los casos, eliminarlas para generar ganancias al proyecto, estas pueden ser en costo, tiempo, etc. Por lo tanto, identificar estas actividades es primordial para reducir las pérdidas.

### **- Incrementar el valor del producto**

Los beneficios obtenidos de eliminar las pérdidas en general deben enfocarse en incrementar el valor del producto para el cliente final, esto se puede lograr poniéndonos en perspectiva del cliente y haciendo que nuestro producto iguale y en el mejor de los casos supere las expectativas que estos tienen sobre el producto.

### **- Reducir la variabilidad**

La variabilidad afecta negativamente todos los ámbitos de la producción y también es algo negativo para el cliente, por lo cual es importante la reducción de la variabilidad para evitar problemas con las programaciones y la satisfacción del cliente.

### **- Reducción del ciclo de producción**

El tiempo que dura un ciclo de producción se puede reducir con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, la cual nos dice que si dividimos nuestra producción (lote de producción) en lotes pequeños (lotes de transferencia) que vamos transfiriendo de proceso a proceso, nuestro ciclo tendrá una duración menor que si introducimos todo el lote a un proceso y esperamos a que todo el paquete esté listo para llevarlo al siguiente proceso o actividad.

### **- Simplificación de procesos**

La simplificación de procesos consiste en mejorar el flujo por medio de la reducción de los procesos involucrados para de ese modo controlar mejor estos procesos y reducir la variabilidad y el costo de realización de cada proceso.

### **- Incrementar la transparencia en los procesos**

La transparencia es un estímulo muy importante para todos (subcontratistas, proveedores de primer nivel, ensambladores, distribuidores, consumidores y empleados) ya que al tener acceso a más información resulta más fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor. Además, se produce un feedback casi instantáneo y altamente positivo para los empleados que hacen mejoras, un rasgo clave del trabajo Lean y un estímulo poderoso para seguir haciendo esfuerzos por mejorar. La descentralización en la toma de decisiones a través de la transparencia y la potenciación de habilidades, significa proporcionar a los participantes del proyecto información sobre el estado de los sistemas de producción, dándoles el poder de tomar acción.

### **- Capacitación**

Lean exige por parte de todos los empleados de la cadena o flujo de valor que haya una atención continua para mantener el flujo y eliminar el desperdicio. Para lograr este objetivo debemos entregar a los empleados la información correcta de manera puntual y darles la autoridad para solucionar los problemas y trabajar en la mejora continua. Esta búsqueda de la perfección no puede lograrse solo a través del trabajo de los gerentes; todos los empleados deben estar comprometidos y capacitados para atender las demandas de los clientes, crear más valor, eliminar desperdicio e incrementar la rentabilidad del negocio. Hay un nuevo y poderoso potencial para una mejora radical cuando estos trabajadores capacitados trabajan de manera colaborativa con sus compañeros a través de toda la cadena de valor.

## **- Mejora continua**

Este principio está basado en la filosofía japonesa Kaisen, esta se basa en la identificación de las causas de no cumplimiento de las actividades para tratar de solucionarlas en siguientes proyectos y así ir mejorando continuamente.

### **1.6.1.6. La construcción según el enfoque Lean**

Pons (2014) explica las principales diferencias de enfoque y planteamiento entre un sistema tradicional de gestión de proyectos, donde el desperdicio o improductividad no ha sido considerado desde un punto de vista económico, y el sistema según un enfoque Lean en él que, desde el inicio del proyecto, todos los agentes y actores involucrados en él, trabajan para maximizar el valor del cliente y minimizar todas aquellas actividades, gestiones y transacciones inútiles que no añaden valor, teniendo en cuenta los intereses generales de todos y no los particulares de cada parte.

### **1.6.1.7. Implementación de Lean Construction**

Porras (2014) precisa que, Lean Construction no debe ser concebido como un modelo o sistema en el cual solo se siguen unos pasos, sino como un pensamiento dirigido a la creación de herramientas que generen valor a las actividades, fases y etapas de los proyectos de construcción.

Una de estas herramientas “Lean” es la denominada Last Planner System o como se conoce actualmente en Latinoamérica Sistema del Ultimo Planificador (SUP), desarrollada por Glenn Ballard y Greg Howell, con el objetivo de mejorar el proceso

de programación de obra proponiendo la renovación del concepto de planificación de obra tradicional, en donde las actividades que se espera ejecutar son mayores que las que se pueden realmente hacerse en obra.

Como parte del desarrollo de la filosofía Lean Construction en el marco de crear herramientas Lean para la mejora de la gestión en los proyectos de construcción, se crea el modelo de gestión LPDS (Lean Project Delivery System) o sistema de entrega de proyectos Lean, cuya misión es desarrollar el mejor camino posible para diseñar y construir infraestructuras. LPDS fue desarrollado para abarcar todo el ciclo de vida de los proyectos desde el inicio hasta la entrega, y propone gestionar los proyectos de construcción considerando cinco fases y catorce módulos, utilizando conceptos y técnicas destinadas a maximizar el valor para el cliente y minimizar las pérdidas en la producción.

El liderazgo es fundamental para lograr un cambio de mentalidad a nivel general. Liderazgo que está representado en la alta gerencia, sin el cual se crean barreras naturales que detienen cualquier esfuerzo a diferentes niveles de la organización. El cambio debe ser aceptado e interiorizado desde el nivel más alto de la organización, con lo que se logra un mejor entendimiento del mismo por parte de las personas involucradas, logrando paso a paso un cambio cultural.

La gestión se debe enfocar en la medición de los procesos y el mejoramiento de los mismos y no en el desarrollo de las capacidades. Se deben tener indicadores reales de los procesos que permitan identificar las causas de las pérdidas. Para la



implementación del nuevo modelo de producción, debe existir participación de los empleados, los equipos de trabajo pueden aportar ideas para el mejoramiento de los procesos.

#### **1.6.1.8. Características de Lean Construction**

- Trabajo en equipo.
- Comunicación permanente.
- Eficiente uso de recursos
- Mejoramiento continuo (kaizen).
- Constructabilidad
- Mejoramiento de la productividad apoyándose en la Ingeniería de Métodos como las cartas de balance.
- Reducción de los trabajos no contributorios (tiempos muertos), aumento del trabajo productivo y un manejo racional de los trabajos contributorios.
- Utilización del diagrama causa-efecto de Ishikawa (espina de pescado).
- Reducción de los costos de equipos, materiales y servicios.
- Reducción de los costos de construcción
- Reducción de la duración de la obra.
- Las actividades base son críticas y toda holgura es pérdida de costo y tiempo.

#### **1.6.1.9. Los 7 desperdicios básicos del Lean**

Para Villamizar y Ortiz (2016) existen siete tipos de despilfarros que se pueden encontrar en toda organización, más uno que se introdujo últimamente:

### **- Sobreproducción**

Producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario. Se hace visible en el inventario de material. Esto no solo se refiere a producto terminado, se puede sobre producir en cualquier proceso, es decir, producir más de lo necesario para el siguiente proceso, producir antes de que lo necesite el siguiente proceso o producir más rápido de lo que requiere el siguiente proceso. Las principales causas de la sobreproducción son: una lógica “just in case”: producir más de lo necesario por si acaso, hacer un mal uso de la automatización y dejar que las maquinas trabajen al máximo de su capacidad, una mala planificación de la producción, una distribución de la producción no equilibrada en el tiempo.

### **- Tiempo de espera**

La espera a que las maquinas haga el proceso debe ser eliminada. En vez de maximizar la utilización de las maquinas, lo que se tiene que promover es maximizar la eficiencia del trabajador. Las causas de la espera pueden ser: hacer un mal uso de la automatización: dejar que las maquinas trabajen y que el operador esté a su servicio cuando debería ser lo contrario, un mantenimiento no planeado que obligue a parar la línea para limpiar o arreglar una avería, un largo tiempo de arranque del proceso, una mala planificación de la producción, una distribución de la producción no equilibrada en el tiempo, problemas de calidad en los procesos anteriores.

### **- Transporte**

No añade ningún valor al producto. En vez de mejorar el transporte, éste debe ser minimizado o eliminado cuando sea necesario, por medio de celdas de trabajo, por ejemplo, el transporte de material puede ser causado por: una mala distribución en la planta, el producto no fluye continuamente, grandes lotes de producción, largos tiempos de suministro y grandes áreas de almacenamiento.

### **- Procesos**

Tienen que ser eliminados haciéndose la pregunta, por qué un proceso es necesario y por qué un producto es producido. Todos los procesos innecesarios tienen que ser eliminados. Las posibles causas de este tipo de pérdidas son: una lógica “just in case”: hacer algo “por si acaso”, un cambio en el producto sin que haya un cambio en el proceso, los requerimientos del cliente no son claros, una mala comunicación, aprobaciones o supervisiones innecesarias, una información excesiva que haga hacer copias extra.

### **- Inventario o existencias**

Es la existencia de material entre diferentes operaciones debido a lotes de producción muy grandes o de procesos con un tiempo de ciclo muy grande. Las causas de esta pérdida pueden ser: prevenir la compañía de posibles casos de ineficiencia o problemas inesperados en el proceso, un producto complejo que pueda ocasionar problemas, una mala planificación de la producción, prevenir la compañía de posibles faltas de material por ineficiencia de los proveedores, una mala comunicación, una lógica “just in case”: tener stock “por si acaso”.

### **- Movimientos**

Movimiento de los trabajadores, de las maquinas o del producto. Las causas más comunes de movimiento innecesario son: eficiencia baja de los trabajadores (por ejemplo, no aprovechan un viaje a una zona de mala accesibilidad para hacer todo lo necesario allí, en vez de ir dos veces), malos métodos de trabajo, mala distribución en la planta, falta de orden, limpieza y organización (por ejemplo, si no se encuentran las herramientas es necesario un movimiento de los operadores para buscarlas).

### **- Defectos**

Prevenir los defectos, en vez de buscarlos y eliminarlos. Las causas de estos defectos pueden ser: falta de control en el proceso, baja calidad, un mantenimiento mal planeado, entrenamiento de los operadores insuficiente, mal diseño del producto.

### **- Competencias**

No aprovechar las habilidades de la gente, por diferentes causas como: una cultura y política de empresa anticuada que subestima a los operadores, insuficiente entrenamiento a los trabajadores, salarios bajos que no motiven a los trabajadores.

#### **1.6.1.10. Importancia presente y futura de la Metodología Lean**

Lean es realmente un nuevo modelo de negocio que ofrece ahora un rendimiento superior para los clientes, empleados, accionistas y sociedad en general. Inicialmente, este rendimiento superior entrega exactamente lo que quieren los clientes sin problemas, demoras, molestias, errores y sin necesitar de apagafuegos. Muy rápidamente también libera capacidad de entregar un tercio más de valor, con los recursos existentes con pocos costes adicionales (Rodríguez, 2012).

Por su parte, Tercero (2015) considera que, realmente se trata de aprender a reconfigurar a estos activos y las relaciones con los participantes de la cadena de suministro para dar un paso adelante en la creación de valor adicional para los clientes. Siendo capaz de organizar, por ejemplo, el diagnóstico y el tratamiento médico no urgente en cuestión de horas cuando al resto del mundo lleva varios meses. O ser capaz de comprimir la típica cadena de suministro desde las materias primas a los consumidores finales de 11 meses a 30 días, mientras se realiza cada entrega a tiempo y completa.

En los próximos diez años este modelo de negocio lea reemplazará el modelo de negocios imperante desarrollado originalmente por Alfred Sloan en General Motors, analizado y descrito en muchos libros de Peter Drucker y posteriormente refinado por Jack Welch en GE. El poder de lean es el creciente reconocimiento, por las principales organizaciones de todo tipo de sectores, que Toyota, el iniciador del lean, es el modelo de referencia para nuestra época. Con razón, una aspiración común es convertirse en el Toyota de su sector (Tercero, 2015).

La idea fundamental detrás del lean es ver que el valor del cliente es creado por las acciones de diferentes personas a través de muchos departamentos y organizaciones. La conexión de estos sin fisuras de extremo a extremo, o valor de flujo de proceso, para cada familia de productos, revela literalmente, cientos de oportunidades para acelerar el flujo, eliminando los pasos que no añaden valor y alineando la creación de flujo de valor con la demanda de los clientes. Esto es lean en

las operaciones, a las que la mayoría de las personas ya están familiarizadas (Rodríguez, 2012).

Por lo que, se aplica en toda la organización, no sólo en la planta. Todas las actividades de apoyo en la oficina pueden ser rediseñadas utilizando los mismos principios y herramientas. De hecho, tenemos que aprender a ver nuestras organizaciones como un conjunto de procesos horizontales o de corrientes de valor, así como de la más familiar organización vertical de funciones y departamentos. Las funciones verticales son adecuadas para organizar el conocimiento, pero el valor es creado por flujos horizontales de valor.

La creciente interdependencia de cada paso en cada uno de los flujos de valor revelará todos los problemas y los retos de un mercado que cambia. Para poder resolver las causas raíz, los problemas deben ser visibles y no ocultos. El verdadero poder de una organización Lean es cuando todos los empleados pueden tomar la iniciativa para resolver problemas y mejorar su puesto de trabajo, de forma que proporcione valor para los clientes y prosperidad para la organización (Serpell, 2002).

#### **1.6.1.11. Lean Construction en el Perú**

Ghio (2001) es considerado el padre de Lean Construction en el Perú, en su libro “Productividad en Obras de Construcción: Diagnostico, Critica y Propuesta realiza una crítica descarnada de las «taras» que, según su opinión, tienen postergado el

desarrollo de la Ingeniería Civil en el Perú; pero su aporte no se reduce a esto. Señala en forma clara y detallada los caminos que, a su juicio, deben seguirse para superar la situación actual de esta profesión.

Asimismo, en forma generosa expone con detalle los métodos que supo adaptar e implementar en su empresa para mejorar la productividad. Aunque el termino Lean Construction se está volviendo más común, su correcto entendimiento sigue siendo limitado, hay muy poca difusión académica y recién se viene implementando en las empresas constructoras.

El 15 de febrero del 2011 se creó el Capitulo peruano de Lean Contruction Institute (LCI), integrado por 6 empresas y una universidad.

- Graña y Montero
- Edifica
- Copracsa
- Coinsa
- Inmobiliaria y Constructora Marcan
- Consultoría Diseño y Construcción Motiva
- Pontificia Universidad Católica del Perú

#### **1.6.1.12. Just In Time**

El Just in time (justo a tiempo) tiene una ideología simple, que el inventario es una pérdida para la producción porque incurre en costos innecesarios, por tal motivo este modelo de gestión de recursos que está basado en los principios del Lean Production trata de minimizarlo al máximo gestionando adecuadamente el

abastecimiento de materiales. GHIO (2001), Just in time es un sistema para la producción o suministro de la cantidad correcta de materiales o productos en el momento justo que es necesario la producción.

Rodríguez (2012), Hace una definición simple de lo que propone este modelo de gestión de recursos se puede decir que el enfoque del Just in time es tener el material adecuado, en el momento adecuado, en el lugar correcto y en la cantidad exacta. Implementar la ideología del Just in time en las obras del Perú, requiere de un arduo trabajo en la planificación por parte de la obra y en la búsqueda de proveedores serios que tengan interés de practicar esta metodología como política de funcionamiento en su propia empresa, debido a que, como se sabe los proyectos de construcción dependen en gran parte de los proveedores que abastecen de material y aunque existan medios para gestionar adecuadamente los recursos a utilizar en obra como por ejemplo el Lookahead, combinarlo con la ideología que presenta el Just in Time seria asumir demasiados riesgos porque se está poniendo el avance de obra en las manos de los proveedores y depende del tipo de servicio que ellos brindan el cual siempre es distinto al que prometen y además se exponen a los efectos de la variabilidad que en general la filosofía Lean Construction busca reducir.

## **1.6.2. Productividad laboral en la ejecución de obras**

### **1.6.2.1. Productividad**

La productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Es una medida de eficiencia y efectividad, puesto que mediante la productividad se puede



determinar la forma en que se administran los recursos consumidos (hh, tiempo, horas máquina, bls, unds, S/., U\$, etc.) para obtener un resultado, el cual se desarrolla en un plazo determinado y con estándares de calidad dados (Brioso, 2015).

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{RESULTADOS}{ESFUERZOS} = \frac{CANTIDAD PRODUCIDA}{RECURSOS EMPLEADOS}$$

Según Cantú, Mereano, Gallina y García, (2009), autores del paper Productividad real en obras civiles – Análisis de un caso; la productividad siempre va asociada a los procesos de transformación: a este proceso ingresan recursos necesarios para producir un material, un bien o dar un servicio y posteriormente, a través del proceso, se obtiene un producto o un servicio determinado.

Un sistema o un proceso es más eficiente cuanto menos recurso consuma para obtener un resultado dado. Así, un indicador de productividad podría ser la cantidad de m<sup>2</sup> construidos por S/. gastados o el número de viviendas por la cantidad de dinero invertida para la construcción de estas viviendas. Los ejemplos anteriores son a su vez indicadores globales, ya que proveen información que respalda las decisiones de carácter estratégico (Brioso, 2015).

En consecuencia, si se quisiera mejorar la eficiencia de un sistema o proyecto, sería necesario implementar técnicas que vayan direccionadas a la optimización de los procesos, de tal forma que pueda hacerse un análisis detallado de cada uno a fin de incrementar la producción de los mismos y reducir los recursos utilizados.

### 1.6.2.2. Rendimiento

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

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{ESFUERZOS}}{\text{RESULTADOS}} = \frac{\text{RECURSOS EMPLEADOS}}{\text{CANTIDAD PRODUCIDA}}$$

Así, ejemplos de indicadores de rendimiento (o ratios) pueden ser: hh/m<sup>2</sup>, bls/m<sup>3</sup>, etc. Los ejemplos antes mencionados son a la vez indicadores operacionales específicos, ya que sirven para tomar decisiones de mejoramiento operacional y se refieren a algún proceso productivo específico que se desea medir (Brioso, 2015).

#### - Pérdidas

Se considera pérdidas, todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto (Alarcón 2002).

#### - Trabajo Productivo (TP)

Trabajo que aporta en forma directa a la producción.

#### - Trabajo Contributorio (TC)

Trabajo de apoyo. Debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero no aporta valor.

#### - Trabajo no Contributorio (TNC)

Cualquier actividad que no genere valor y que entre en la categoría de pérdida.

Son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor.

### 1.6.2.3. Factores que afectan la productividad

Botero (2006) expone que muchos son los agentes que afectan la productividad en la obra construcción. En una obra, lo más relevante será determinar cuáles son los agentes más negativos para poder tomar medidas respecto a ellos y así poder disminuir su impacto. De igual forma, será importante identificar los factores que impactan de forma positiva a fin de incrementar su efecto.

Existen factores que influyen de variadas formas la productividad en la construcción. Entre los factores que afectan negativa y positivamente la productividad se encuentran descrito en la siguiente figura;



Figura 2. Factores que inciden sobre la productividad

Nota. Botero (2006)

### 1.6.2.4. Factores de incidencia negativa sobre la productividad laboral

Contreras (2012), explica que la incidencia sobre la baja productividad en los trabajadores son los siguientes:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones.
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto.

- Ejecución de obra con diseños incompletos.
- Falta de supervisión de los trabajadores.
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo).
- Alta rotación de trabajadores.
- Ausentismo de los trabajadores.
- Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes.
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo.
- Disputas entre cuadrillas.
- Distribución inadecuada de los materiales en obra.
- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministros de equipos y herramientas.
- Pobre mantenimiento de los equipos.
- Difíciles condiciones de acceso de la obra por su ubicación.
- Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo.
- Excesivo control de calidad.
- Exceso de tiempo en la toma de decisiones.
- Interrupciones no planificadas ni controladas (refrigerios de trabajadores, ida a servicios sanitarios).
- Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal
- Algunas horas de día y días de la semana que causan variaciones en el desempeño

- de la mano de obra (comienzo y final de la semana, final del día, mediodía).
- Clima y condiciones adversas en la obra.

#### **1.6.2.5. Factores de incidencia positiva sobre la productividad laboral**

Contreras (2012), explica que la incidencia positiva sobre la productividad en los trabajadores son los siguientes:

- Programa permanente de capacitación de la mano de obra.
- Programa de seguridad industrial en la obra.
- Buenas disposiciones de los materiales en el sitio de trabajo.
- Utilización de técnicas de planificación por los administradores de obra.
- Utilización de partes prefabricados y estandarización de elementos.
- Utilización de ayudas computacionales (Uso de software para construcción).
- Búsqueda permanente de Motivación a los trabajos.
- Revisión de diseños para una ejecución más simple.
- Buena supervisión de los trabajadores.
- Sana competencia entre las cuadrillas.
- Estudios de tiempos y métodos de las actividades.
- Aplicación de herramientas de la Ingeniería Industrial a la construcción.
- Uso de incentivos en contratos de obra.
- Utilización eficiente de los subcontratistas.

#### **1.6.2.6. Productividad laboral en el sector construcción**

Botero (2006), explica que las características presentes en la industria de la construcción son los siguientes:

- Curva de aprendizaje limitada, relacionada con la alta rotación del personal.
- Influencia de las condiciones climáticas.
- Trabajo permanente bajo presión.
- Fragmentación del proyecto e incentivos negativos.
- Poca capacitación, debido a la alta rotación y predominio del empirismo.
- Relaciones opuestas entre quienes intervienen.
- Deficiente planificación o ausencia de la misma.
- Actividad basada en la experiencia.
- Falta investigación y desarrollo, tendientes a mejorar los procesos constructivos y la administración de los mismos.
- Actitud mental del sector, que considera eficiente los métodos actuales.

#### **1.6.2.7. Mejoramiento de productividad laboral en la construcción**

Botero y Álvarez (2004), propusieron que teniendo en cuenta los factores que inciden negativamente en la productividad, el administrador de la obra debe adoptar acciones correctivas contundentes a la solución de los problemas identificados, como objeto de mejoramiento de la productividad. Para realizar lo anterior, se recomienda seguir el ciclo de mejoramiento de la productividad.

Las diferentes etapas para el mejoramiento, requieren la realización de distintas actividades en el proyecto.

- Medición de la productividad, realizada mediante la toma de datos y su posterior procesamiento y análisis estadístico. Para ello se utilizan formatos diseñados para tal fin, denominados formulario de muestreo general de trabajo.
- Evaluación de la productividad, utilizando los datos obtenidos para diagnosticar la situación de la obra identificando los problemas. De esta forma se puede determinar el plan de acción a seguir una vez evaluadas las diferentes alternativas.
- Implementación de planos de mejoramiento, formulando estrategias y acciones de mejoramiento, con seguimiento permanente para evaluar la eficacia y los resultados obtenidos.



Figura 3. Ciclo de mejoramiento de la productividad.

Nota. Ghio (2001)

#### 1.6.2.8. Métodos para evaluar y controlar la productividad

Entre las herramientas sugeridas para la optimización de la productividad están:

##### - **Time-Lapse como herramienta de captura de información**

La técnica “Time-Lapse” es una herramienta útil para el mejoramiento de la productividad en proyectos de construcción, pues reproduce en un tiempo menor lo

sucedido en una obra en un periodo captado en tiempo real. Esta técnica permite captar detalles de las operaciones de obra como: desempeño de equipos, impacto del clima, causas de accidentes, conformación de cuadrillas de trabajo, evaluación de productividad, pérdidas de materiales, trabajo no contributivo, entre otros. Sin embargo, la técnica tiene limitaciones como el extenso tiempo de reproducción y la gran cantidad de espacio requerida en unidad de memoria para el almacenamiento (Botero, 2006).

De acuerdo a Céspedes (2010), mediante la utilización de la herramienta time-lapse, se puede hacer el seguimiento en un intervalo de tiempo muy corto, donde se pueden identificar los recursos dentro del proceso, analizar montaje, tiempo y movimiento del personal. Cabe aclarar que el seguimiento se puede realizar con cámaras fotográficas o cámaras de video, convirtiendo días de trabajo en minutos de grabación.

Según Oglesby (1989), las fotografías que se pueden obtener mediante este sistema pueden ser utilizadas para el análisis de operaciones de construcción, debido a que, ofrecen la más efectiva y entendible forma para identificar las actividades ya sea de una persona, de un grupo de personas o una máquina, como también refleja la interacción entre ellas. Adicionalmente, se resalta que comparado con técnicas generadas de manera escrita o por medio de números, la fotografía tiene la ventaja de ser entendible y creíble para aquellos que no tienen un estudio en los análisis de datos escritos o numéricos, como también a los que cuestionan los reportes verbales o escritos. De igual importancia, la utilización de videos Time-Lapse aparece como



una alternativa a las metodologías de captura de información tradicionalmente usadas, las cuales sirven para la caracterización de los flujos de trabajo. “Una deficiente planeación y captura puede llevar a videos confusos o difíciles de analizar y que en ultimas no aportan información (Vargas, et al., 2008).

#### **- Aplicación de la herramienta (Vargas, 2008)**

El Time Lapse como herramienta, permite generar un registro de información importante en el desarrollo de un proceso constructivo. Además, se obtiene una representación del flujo de trabajo y las relaciones entre las actividades. También el registro de los videos trae ventajas como es la posibilidad de tener un menor error sistemático al que se obtiene con el muestreo en campo, por cuanto el video se puede observar varias veces. Además, se puede obtener a mayor detalle el balance de cuadrillas y el personal sobre-asignado a las actividades. Para terminar, esta herramienta puede contribuir a la capacitación y aprendizaje de los procesos constructivos, al igual que presenta la oportunidad de mejoras en las condiciones de trabajo y en el aumento de rendimientos.

#### **1.6.2.9. Técnica del muestreo del trabajo**

Permite establecer una base numérica para la toma de decisiones. La identificación de pérdidas, a través de esta sencilla técnica ha sido utilizada como medida indirecta de la productividad, ya que se asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad (Alarcón 1993).

Dentro de los objetivos de esta metodología está el detectar y reducir:

- Trabajos no contributorios (esperas, viajes con manos vacías, tiempos ociosos, etc.)
- Interferencias con otras actividades.
- Uso inadecuado de recursos
- Esta técnica requiere de numerosas observaciones corta de la labor de los operarios en su sitio de trabajo y categoriza en tres grupos principales el trabajo realizado por los obreros (TP, TC, TNC, ya definido anteriormente). Así mismo, requiere un mínimo de 384 observaciones para ser considerada como estadísticamente válida, con un margen de confiabilidad de 95% y un error de 5%

#### **1.6.2.10. El ciclo de la productividad**

Tiene como finalidad obtener el Mejoramiento de la productividad (Rodríguez, 2012).

- **Medición:** en el campo (obra), tomamos datos de la producción diaria de cada cuadrilla de trabajo, así como las horas trabajadas.
- **Evaluación:** en base a los datos anteriores calculamos las productividades reales diarias y luego lo dividimos cada valor entre la productividad base para determinar los correspondientes índices de productividad diario. Luego lo graficamos, teniendo como ejes de abscisas (eje x) el tiempo y en el eje y (ordenada) los índices de productividad (IP).
- **Planeación:** de los niveles futuros de productividad (metas).

- **Mejoramiento:** implantación de metodología planeada para mejorar, como una mejor distribución de los insumos, distancias mínimas para acortar el tiempo de transporte.

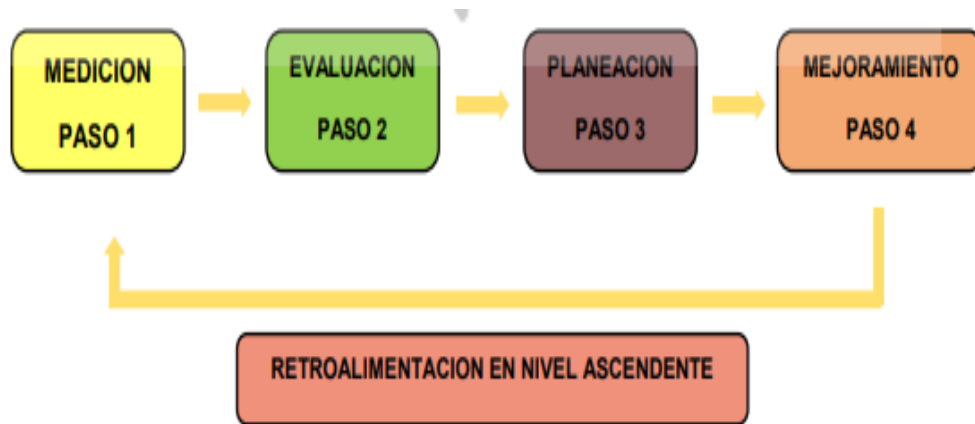


Figura 4. Ciclo de la productividad

Nota. Rodríguez (2012).

#### 1.6.2.11. Elementos de la producción en la construcción

La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción (Koskela, 1992).

##### - **Identificar actividades que no agregan valor**

Se identifican las actividades que no agregan valor y se tratan de reducir y en el mejor de los casos eliminar para generarle ganancias al proyecto, estas pueden ser en costo, tiempo, etc. Por lo tanto, identificar estas actividades es primordial para reducir las pérdidas.

##### - **Incrementar el valor del producto**

Los beneficios obtenidos de eliminar las pérdidas en general deben enfocarse en

incrementar el valor del producto para el cliente final, esto se puede lograr poniéndonos en perspectiva del cliente y haciendo que nuestro producto iguale y en el mejor de los casos supere las expectativas que estos tienen sobre el producto.

**- Reducir la variabilidad**

La variabilidad afecta negativamente todos los ámbitos de la producción y también es algo negativo para el cliente, por lo cual es importante la reducción de la variabilidad para evitar problemas con las programaciones y la satisfacción del cliente.

**- Reducción del tiempo del ciclo**

El tiempo que dura un ciclo se puede reducir con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, la cual nos dice que si dividimos nuestra producción (lote de producción) en lotes pequeños (lotes de transferencia) que vamos transfiriendo de proceso a proceso, nuestro ciclo tendrá una duración menor que si introducimos todo el lote a un proceso y esperamos a que todo el paquete esté listo para llevarlo al siguiente proceso o actividad.

**- Simplificación de procesos**

La simplificación de procesos consiste en mejorar el flujo por medio de la reducción de los procesos involucrados para de ese modo controlar mejor estos procesos y reducir la variabilidad y el costo de realización de cada proceso.

**- Incrementar la transparencia en los procesos**

Mientras mayor sea la transparencia de un proceso serán mayores las posibilidades de inspeccionarlo y así evitar errores que pasaran a ser trabajos

rehechos, los cuales son pérdidas para el proyecto.

#### **- Mejoramiento continuo**

Este principio está basado en la filosofía japonesa Kaisen, esta se basa en la identificación de las causas de no cumplimiento de las actividades para tratar de solucionarlas en siguientes proyectos y así ir mejorando continuamente.

#### **- Referenciar los procesos (Benchmarking)**

Esto se basa en comparar nuestros procesos con los procesos de la empresa líder en nuestro campo de acción para tener ideas de mejora basándonos en el potencial de las empresas de la competencia. Como podemos observar todos estos principios tienen un fin común que es la mejora de todo el proceso de producción y la reducción de todas las actividades que no agregan valor, con el fin de lograr un flujo simple, uniforme y un tiempo de ejecución menor. Las actividades que no agregan valor son definidas como Pérdidas que según el Lean Production se divide en 7 tipos (Koskela, 1992).

#### **1.6.2.12. Pérdida en la construcción**

Los porcentajes a continuación presentados son estimaciones basadas en estudios realizados en diferentes países que dan una muestra bastante clara del impacto que tienen los desperdicios en los proyectos. Koskela (1992), expone que dichas pérdidas tienen tres causas principales las cuales se menciona a continuación:

**- Diseño:** Se le atribuye desde un 23% hasta un 78% de pérdidas dependiendo del estudio al que se haga mención. Dichos porcentajes son tan altos ya que en muchas

- ocasiones se tiene poca información y se comienza a trabajar así, ocasionando después retrabajos cuando se tiene información verídica y completa. Se llega a creer que el costo de los mismos es mayor al costo del diseño en sí.

- **Construcción:** Las pérdidas son de un 17% a un 55%. Aquí es necesaria la especificación total del diseño, para eliminar cualquier limitante y problema de construcción.

- **Provisión de materiales:** Falta de provisión oportuna genera pérdidas entre un 15% y 20%. Las alianzas con los proveedores para regular el flujo de materiales de tal manera que no se generen esperas en sitio o se tengan almacenados podría aumentar la rentabilidad del proyecto.

#### **1.6.2.13. Clasificación de pérdidas de productividad**

Según su capacidad de ser eliminado. Para mejorar el proceso de construcción es necesario identificar las pérdidas evitables e inevitables, para lo cual un estudio realizado por la Universidad Católica de Chile genera como resultado las siguientes pérdidas como las más frecuentes en la construcción (Alarcón 1997).

- Pérdida inevitable: Es aquella en que la inversión para evitarla es mayor que la economía que produce.

- Pérdida evitable: Es aquel cuyo costo de desperdicio significativamente mayor que el costo para prevenirlo.

- Según su naturaleza. Formoso (1999), propuso una clasificación explícita solo siete categorías de tipos de desperdicios que se menciona a continuación:

- Desperdicio por sobreproducción
  - Desperdicio por sustitución
  - Desperdicio por tiempo de esperas
  - Desperdicio por transporte
  - Desperdicio por procesamiento
  - Desperdicio por movimientos
  - Desperdicio por elaboración de productos defectuosos
- Según el tipo de desperdicio Pinto (1989) explica los tipos de desperdicio que se menciona a continuación:
- Directo: Es el material que se remueve directamente de la obra (escombros).
  - Indirecto: Es el material incorporado innecesariamente, puede ser mayor que el desperdicio directo.

#### **1.6.2.14. Técnicas de captura de datos sobre productividad empleadas por lean construction.**

Oglesby, Parker y Howell (1989), propusieron las tres principales categorías de trabajo utilizadas para las mediciones de productividad:

- Trabajo productivo (T.P.) (agrega valor): aquel que aporta en forma directa a una unidad de producción. Por ejemplo: vibrar el hormigón, colocar ladrillos, pintar, etc.
- Trabajo contributorio (T.C.) (no agrega valor): aquel que debe realizarse para que

pueda ejecutarse el trabajo productivo. Por ejemplo: transporte de material, recepción o entrega de instrucciones, lectura de planos, mediciones, etc.

- Trabajo no contributivo (T.N.C.) (no agrega valor): cualquier actividad que no corresponde a las categorías anteriores. Por ejemplo: ocio, esperas, interrupciones no autorizadas, traslado de un lugar a otro, actividades personales, etc.

### 2.1. Definiciones conceptuales

- **Actividad de construcción:** Serie de acciones, desplazamientos y esperas, ejecutadas en forma continua y metódica, por una cuadrilla de uno o varios obreros, con el fin de producir, adecuar, ensamblar materiales, con la ayuda de herramientas y equipos, para adelantar un proceso constructivo.

- **Asignación:** Orden dada a un obrero o cuadrilla para que ejecute una cantidad de obra determinada o es una directiva asignada a una persona de su ejecución.

- **Calidad:** Es el conjunto de características o especificaciones de un producto que determina el grado de satisfacción cumpliendo las exigencias de un cliente.

- **Consumo de mano de obra:** Cantidad de recurso, expresado en horas – Hombre, empleado por una cuadrilla para ejecutar completamente una cantidad unitaria de una determinada actividad construida.

- **Construcción:** Es el área que engloba a los profesionales destinados a planificar, supervisar y erigir infraestructuras, tomando en cuenta las rigurosas normas de control de Calidad al país que pertenezca.

- **Cuadrilla:** Grupo pequeño de trabajadores destinados a cumplir una tarea específica en la construcción.



- **Flujo de trabajo:** Es el movimiento de información y materiales a través de la red de unidades de producción.
- **Eficacia;** Capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido.
- **Eficiencia;** Característica del método o procedimiento para ejecutar una actividad, que lo hace óptimo por el mínimo consumo de los recursos, tiempo y costo, o por el máximo rendimiento de los mismos. La ejecución de una actividad puede hacerse utilizando diferentes métodos eficaces, con distintos grados de eficiencia, pero solo uno de ellos será el más eficiente respecto a alguno de los recursos.
- **Estructura:** Es toda construcción destinada a soportar su propio peso y la presencia de acciones exteriores, tales como las fuerzas, momentos, cargas térmicas, etc., sin perder las condiciones de funcionalidad para las que fue concebida ésta. Adicional tiene un número de grados de libertad negativo o cero, por lo que los únicos desplazamientos que puede sufrir son resultado de deformaciones internas.
- **Ejecutor:** Persona o conjunto de personas que realizan una tarea.
- **Last Planner:** El sistema Last Planner apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños.
- **Lean Cosntruction.** Su traducción al español es la construcción sin Pérdidas en español, la cual es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción. Se originó en el Lean Production Management, el cual produjo una revolución en el diseño y producción

industrial en el siglo XX. Este ha cambiado la forma de construir los proyectos. Este enfoque maximiza el valor y minimiza las pérdidas de los proyectos mediante la aplicación de técnicas conducentes al incremento de la productividad de los procesos de construcción.

- **Planificación.** Es el deseo de la forma en la que se llevará a cabo el proyecto en la realidad, en la cual se invierte mucho tiempo y recursos en planificaciones de obra. Es decir, contiene el diseño del sistema de producción y los aspectos organizativos y estratégicos.

- **Proceso:** Es un conjunto de actividades o eventos, coordinados u organizados, que se realizan suceden de forma alternativa o simultánea, con un fin determinado.

- **Partida:** Conjunto de procesos agrupados con la finalidad de llevar un control de costos y ejecución de un proyecto.

- **Productividad.** Es la capacidad de una organización para agregar valor a los recursos que consume. Es hacer más (productos o servicios) con menos recursos. Es una medida del progreso técnico.

- **Rendimiento de mano de obra:** Cantidad de obra, expresada por unidad de medida, de alguna actividad realizada por unja cuadrilla, por unidad de recurso humano expresada en h.H. (Inverso del Consumo de mano de obra).

- **Sub-ciclo;** Repetición de algunas acciones dentro de un ciclo en el método para ejecutar una actividad. Pueden presentarse nuevos sub-ciclos dentro de un sub-ciclo.

- **Trabajo productivo (TP):** Acción de un trabajador o una actividad que agrega valor, y este se ve reflejado en el producto final.

- **Trabajo contributorio (TC):** Trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo pero que no agrega valor al producto.

- **Trabajo no contributorio (TNC):** Cualquier actividad que no agrega valor al producto. Son actividades que no son necesarias y tienen un costo.

## 1.7. Formulación de la hipótesis

### 1.7.1. Hipótesis general

La aplicación de Lean Construction incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

### 1.7.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

- La aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

- La aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

- La aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

- La aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Material:

#### a. Materiales

Papel bond (A4)	Camioneta
Resaltador	Accesorios Complementarios
Lápices	Planos
Fichas (20*12)	
Lapiceros	
USB	
Cuadernos	
Correctores	
Plumones para papel	
Plumones acrílicos	
Borradores	
Cinta masking tape	
Fotochek	
Grapas	
Grapadora	
Archivador	

#### b. Humano

Asesor	Técnico
Tesista	Ayudantes
Guía	
Pobladores	

### **c. Servicios**

---

Servicio de energía eléctrica

Servicio de telefonía celular

Servicio de internet

Servicios de Impresiones

Servicio de asesoría

Muestreo de campo

---

### **d. Otros**

---

Adquisición de Equipos Informáticos y de Comunicaciones

---

## **2.2. Material de estudio**

### **2.2.1. Población**

En esta investigación la población está conformada por los obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

### **2.2.2. Muestra.**

En este proyecto de investigación la población se determina por muestreo por conveniencia, la muestra está compuesta por 24 obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

## 2.3. Técnica de Muestro

### 2.3.1. Para recolectar datos

**La observación;** en el proyecto de investigación se usará la observación directa de los hechos, así para proponer las alternativas que ayuden a mejorar la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación y así adelantar los procesos constructivos con la finalidad de entregar a tiempo la obra de mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal.

**Guía de observación;** es un documento que permite encausar la acción de observar ciertos fenómenos. Esta guía, por lo general, se estructura a través de columnas que favorecen la organización de los datos recogidos. El valor que tiene esa mencionada guía de observación hace que se haga uso de ella en múltiples sectores y por parte de un elevado número de personas.

**Carta Balance;** la productividad en la construcción es un tema sumamente relevante, debido a que esta depende tanto el avance y costos en la construcción y aplicar mejoras para incrementar esta. En pocas palabras, es una herramienta estadística que deja por describir, en forma detallada, cual es el proceso de cualquier operación y buscar su optimización.

### **2.3.2. Para procesar datos**

**El cuestionario;** viene a ser el conjunto de preguntas sobre los hechos o aspectos que interesan en una investigación y son contestado por los encuestados. Según Hurtado (2000), un cuestionario es un instrumento que agrupa una serie de preguntas relativas a un evento, situación o temática particular, sobre el cual el investigador desea obtener información. En el presente estudio se realizó en base a un conjunto de preguntas cerradas y se aplicó a la muestra seleccionada (obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020), a través de este cuestionario se recogerá información de las variables materia de estudio: Aplicación de lean construction y productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación.

#### **Clasificación de la variable.**

La presente variable por su naturaleza es de característica Cuantitativa continua; y por su forma de medición, es Directa.

#### **Aplicación de lean construction.**

Lean Construction es una nueva filosofía orientada hacia la producción en la construcción, en donde se establecen los flujos productivos en marcha con el fin de desarrollar sistemas de control, minimizando las pérdidas durante todo el proceso y así lograr una mayor competitividad en sus mercados. Además, la filosofía Lean subdivide los procesos grandes y largos en porciones más pequeñas para manejarlas, con el objetivo de maximizar el valor y disminuir las pérdidas (Valencia, 2013).



## Productividad laboral en la ejecución de obras:

Belcher (1999), define a la productividad laboral como la relación entre lo que promueve una organización y los recursos requeridos, la misma se puede cuantificar dividiendo la producción de los recursos. Se aumenta la productividad al aumentar la relación producción/recursos, es decir, produciendo más o mejor con un nivel dado de recursos.

### 2.4. Operacionalización de variables

Variable	Definición	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
<b>Aplicación de Lean construction</b>	Lean Construction es una nueva filosofía orientada hacia la producción en la construcción, en donde se establecen los flujos productivos en marcha con el fin de desarrollar sistemas de control, minimizando las pérdidas durante todo el proceso y así lograr una mayor competitividad en sus mercados. Además, la filosofía Lean subdivide los procesos grandes	Esta variable ha sido operacionalizada a en 5 dimensiones para su medición se aplicará un cuestionario compuesto por 25 ítems y las cartas balance. Lo que permitirá determinar si la aplicación de Lean Construction incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación,	<b>Entradas y salidas a la obra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puntualidad</li> <li>▪ Hora exacta</li> <li>▪ Asistencia</li> <li>▪ Ingresa correcto</li> <li>▪ Instrucciones y medidas</li> </ul>	Escala de tipo Likert
			<b>Tiempos de descanso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Horas laborales</li> <li>▪ Área especial</li> <li>▪ Día de descanso</li> <li>▪ Jornadas prolongadas</li> <li>▪ Descansos compensatorios</li> </ul>	
			<b>Tiempos de refrigerio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Refrigerio balanceado</li> <li>▪ Tiempo suficiente</li> <li>▪ Ambiente adecuado</li> <li>▪ Hora de refrigerio</li> <li>▪ Tiempo establecido por Ley</li> </ul>	
			<b>Horas efectivas de trabajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cumplimiento eficiente</li> <li>▪ Horas extras</li> <li>▪ Culminación de tareas</li> <li>▪ Tareas planificadas</li> <li>▪ Períodos de descanso</li> </ul>	

	y largos en porciones más pequeñas para manejarlas, con el objetivo de maximizar el valor y disminuir las pérdidas (Valencia, 2013).	Trujillo, 2020.	<b>Operación de la maquinaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisiones previas</li> <li>▪ Manejo de equipos</li> <li>▪ Inspección de equipos</li> <li>▪ Ajustes de emergencia</li> <li>▪ Encendido y apagado de equipos</li> </ul>	
<b>Productividad laboral en la ejecución de obras</b>	Belcher (1999), define a la productividad laboral como la relación entre lo que promueve una organización y los recursos requeridos, la misma se puede cuantificar dividiendo la producción de los recursos. Se aumenta la productividad al aumentar la relación producción/recursos, es decir, produciendo más o mejor con un nivel dado de recursos.	Esta variable ha sido operacionalizada en 5 dimensiones para su medición se aplicará un cuestionario compuesto por 25 ítems y las cartas balance. Lo que permitirá determinar si la aplicación de Lean Construction incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.	<b>Cumplimiento de los plazos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plazos de entrega</li> <li>▪ Reprogramaciones de períodos</li> <li>▪ Incremento de plazos de entrega</li> <li>▪ Plazos convenidos</li> <li>▪ Plazos de la obra</li> </ul>	Escala de tipo Likert
			<b>Reducción de costos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costos de obra</li> <li>▪ Tiempo de ejecución</li> <li>▪ Costos de operación</li> <li>▪ Retraso de actividades</li> <li>▪ Frecuencia de trabajos extras</li> </ul>	
			<b>Tiempos efectivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Procedimientos efectivos</li> <li>▪ Tiempo efectivo de trabajo</li> <li>▪ Uso de equipos</li> <li>▪ Grado de eficiencia</li> <li>▪ Tiempos muertos</li> </ul>	
			<b>Productividad eficiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Seguridad en obra</li> <li>▪ Uso de técnicas</li> <li>▪ Tareas de los operarios</li> <li>▪ Condiciones de trabajo</li> <li>▪ Simplificación del trabajo</li> </ul>	
			<b>Accidentabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Accidentes laborales</li> <li>▪ Charlas de seguridad</li> <li>▪ Información sobre riesgos</li> <li>▪ Número de accidentes</li> <li>▪ Equipos y protección</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia

### **III. RESULTADOS**

En este capítulo se realiza el procesamiento y análisis de los datos del estudio, los mismo que se obtuvieron a partir de la aplicación de los instrumentos diseñados para tal fin, los mismos que fueron desarrollados en estricta concordancia con los objetivos, hipótesis propuestos al inicio de la investigación; siendo la metodología cuantitativa, se usan datos estadísticos, los mismos que han sido tabulados, graficados e interpretados de acuerdo al contenido mostrado, para ello se ha usado Excel y el Programa Estadístico Para Ciencias Sociales SPSS V24. Fueron aplicados dos cuestionarios, elaborados para medir las variables de investigación, los que cuentan con validez y confiabilidad; sumado a ellos se ha hecho uso de cartas balance para el control del tiempo en el desarrollo de las actividades de la obra de mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo. Como prueba estadística se usó el Coeficiente de correlación Rho de Spearman.

#### **3.1. Presentación de resultados**

##### **3.1.1. Medición de los procesos realizados con la aplicación de Lean Construction en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.**

###### **a. Perfilado y compactación de la subrasante**

Esta tarea consiste en perfilar, refinar, regar y compactar la superficie de la subrasante sin añadir material adicional para mantener las condiciones adecuadas, mediante las actividades señales para eliminar las elevaciones formadas por el sentido transversal

al eje de la vía y conformación de una pendiente, el tiempo de control que se hizo de esta actividad fue de 240 minutos, donde se observó cómo realizan su labor los obreros encargados del perfilado y compactación de la subrasante; los resultados obtenidos son los siguientes.

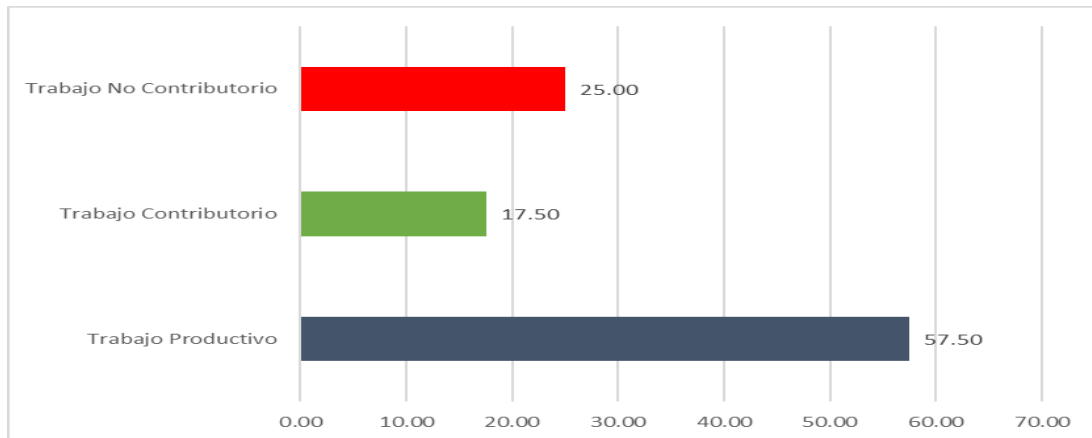


Figura 5. Distribución del trabajo realizado en el proceso de perfilado y compactación de la subrasante en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 5 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para el perfilado y compactación de la subrasante, es en la forma siguiente: trabajo productivo 57,5% (siendo el tiempo de 138 min.), el trabajo contributorio de 17.5 (42 min.) y el trabajo no contributorio de 25% (60 min.); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra.

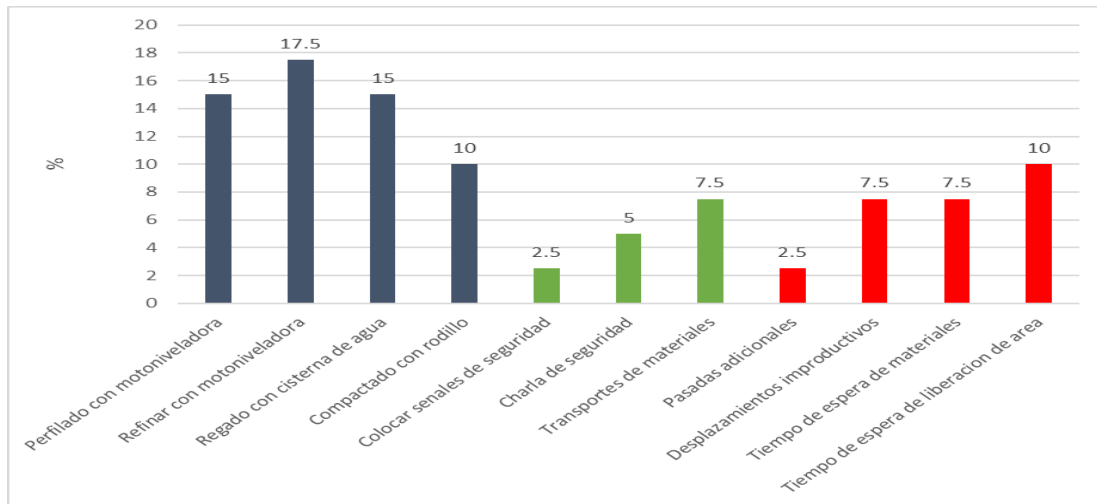


Figura 6. Distribución del trabajo realizado por actividades en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 2 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para el perfilado y compactación de la subrasante por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; perfilado con motoniveladora 15%, refinar con motoniveladora 17.5%, regado con cisterna de agua 15% y compactado con rodillo 10%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; Colocar señales de seguridad 2.5%, charlas de seguridad 5%, transporte de materiales 7.5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; pasadas adicionales 2.5%, desplazamientos improductivos 7.5%, tiempo de espera de materiales 7.5% y tiempo de espera de liberación de área 10%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante el tiempo de espera de liberación del área, los mismos que consisten en no planificar bien las liberaciones de área con el encargado de calidad de la supervisión y contrata.

## b. Subbase y base granular

Esta tarea considera la colocación sobre el nivel de la sub rasante, debidamente preparada, de materiales zarandeados compuestos por piedra fracturada natural con un porcentaje adecuado de finos procedentes de canteras seleccionadas y en conformidad con los alineamientos, cotas, niveles y secciones transversales indicadas en los planos, el tiempo de control que se hizo de esta actividad fue de 240 minutos, donde se observó cómo realizan su labor los obreros encargados de la subbase y base regular; los resultados obtenidos son los siguientes:

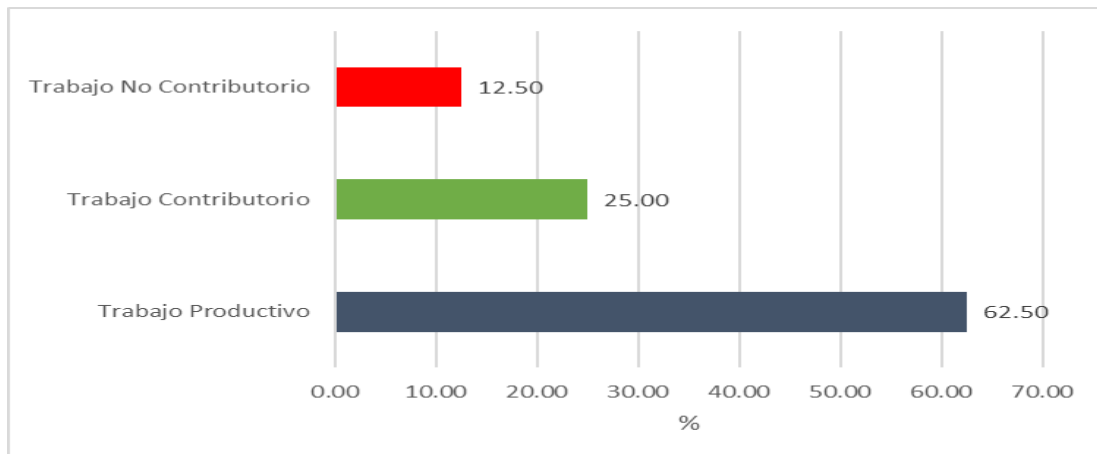


Figura 7. Distribución del trabajo realizado en el proceso de sub base y base granular en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 7 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la subbase y base granular es en la forma siguiente: trabajo productivo 62.5% (siendo el tiempo de 150min.), el trabajo contributorio de 25% (60 min.) y el

trabajo no contributorio de 12.5% (30min.); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra.

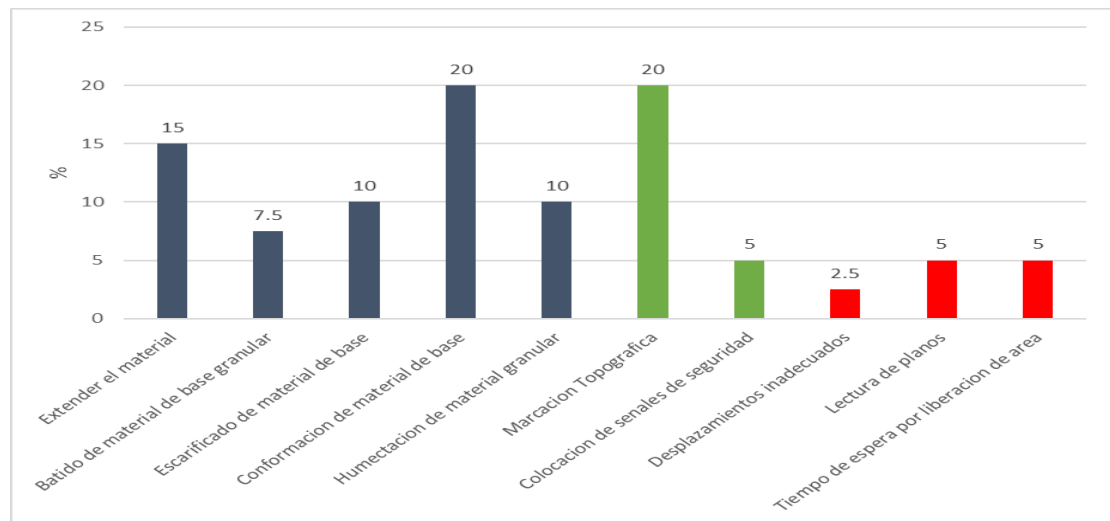


Figura 8. Distribución del trabajo realizado por actividades en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 4 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la subbase y base granular por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; extender el material 15%, batido de material de base granular 7.5% , escarificado de material de base 10%, conformación de material de base 20% y humectación de material granular 10%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; marcación topográfica 20%, colocación de señales de seguridad 5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; desplazamientos

inadecuados 2.5%, lectura de planos 5% y tiempo de espera por liberación de área 5%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante la lectura de planos la cual los encargados no dan una buena explicación a los trabajadores para que realicen un buen trabajo.

### c. Imprimación asfáltica

Esta tarea consiste en la aplicación de un material asfáltico, en forma de película, sobre la superficie de la subrasante o de un material granular no tratado, o sobre una base granular no tratada (piedra chancada, grava triturada o escoria de acería. Considera el suministro y aplicación de riego de asfalto de baja viscosidad sobre la base granular del tramo a pavimentar, preparado con anterioridad de acuerdo con las especificaciones y de conformidad con los planos; el tiempo de control que se hizo de esta actividad fue de 240 minutos, donde se observó cómo realizan su labor los obreros encargados de la imprimación asfáltica; los resultados obtenidos son los siguientes:

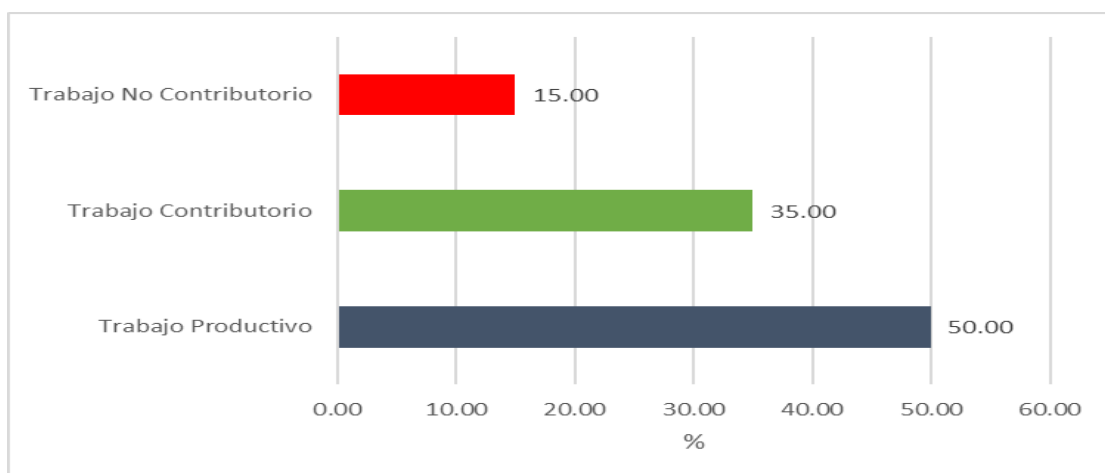




Figura 9. Distribución del trabajo realizado en el proceso de imprimación asfáltica en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 9 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la imprimación asfáltica es en la forma siguiente: trabajo productivo 50% (siendo el tiempo de 120 min), el trabajo contributorio de 35% (84 min) y el trabajo no contributorio de 15% (36 min); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra.

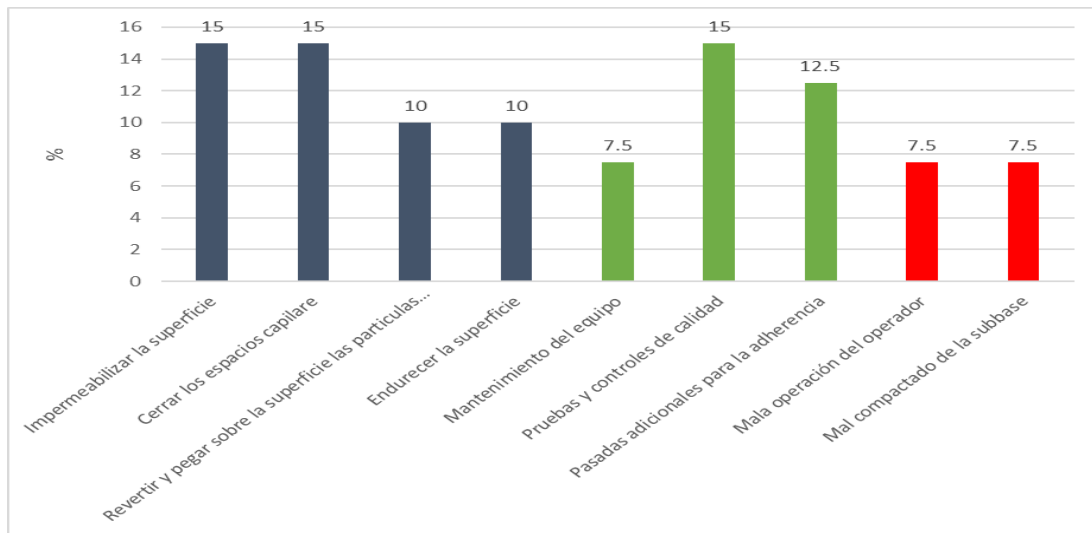


Figura 10. Distribución del trabajo realizado por actividades en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 6 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la imprimación asfáltica por tipo de actividades realizadas según el tipo de

trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; impermeabilizar la superficie 15%, cerrar los espacios capilares 15%, revertir y pegar sobre las superficies las partículas sueltas 10%, endurecer la superficie 10%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; mantenimiento de equipo 7.5puebas y controles de calidad 15%, pasadas adicionales para la adherencia 12.5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; mala operación del operador 7.5% y mal compactado de la subbase 7.5%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante la mala operación del operador que hace tener pérdidas de tiempo en la operación.

#### **d. Carpeta asfáltica**

Esta tarea consiste en la mezcla de agregador y cemento asfáltico requiere de un diseño de laboratorio, la dosificación o fórmula de la mezcla de concreto asfáltico, así como los regímenes de temperatura de mezclas y de colocación; el tiempo de control que se hizo de esta actividad fue de 240 minutos, donde se observó cómo realizan su labor los obreros encargados de la carpeta asfáltica; los resultados obtenidos son los siguientes:

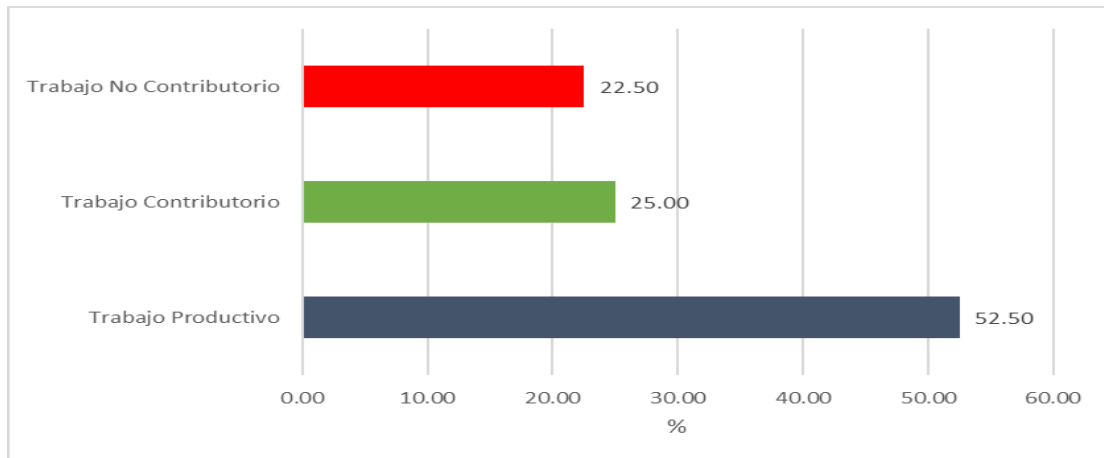


Figura 11. Distribución del trabajo realizado en el proceso de carpeta asfáltica en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 11 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la carpeta asfáltica es en la forma siguiente: trabajo productivo 52.5% (siendo el tiempo de 126 min), el trabajo contributorio de 25% (60 min.) y el trabajo no contributorio de 22.5% (54 min); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra.

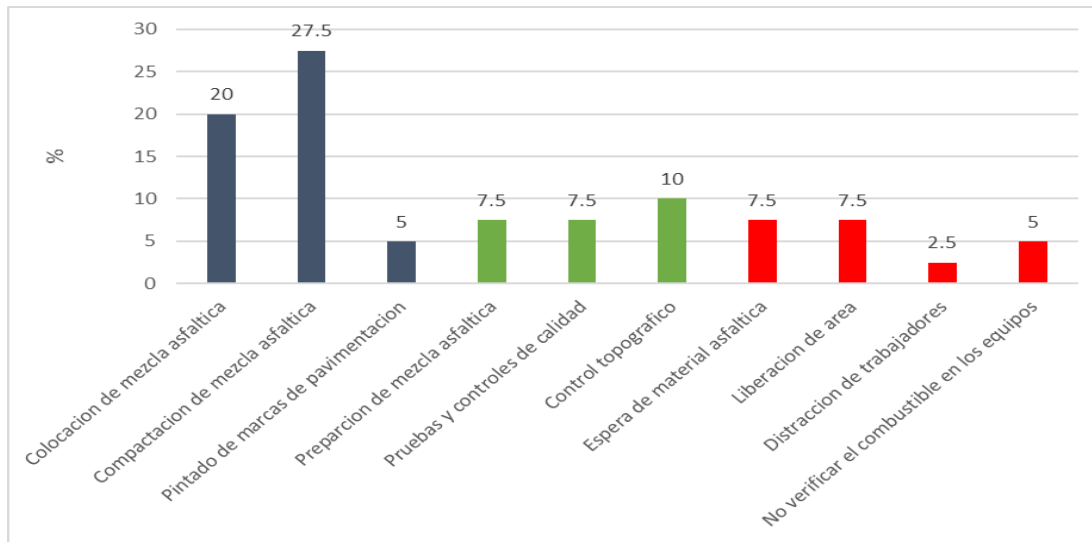


Figura 12. Distribución del trabajo realizado por actividades en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 8 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para carpeta asfáltica por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo,

es la siguiente: en el trabajo productivo colocación de mezcla asfáltica 20%, compactación de mezcla asfáltica 27.5%, pintado de marcas de pavimentación 5%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; preparación de mezcla asfáltica 7.5%, pruebas y controles de calidad 7.5% y control topográfico 10%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos: espera de material asfáltico 7.5%, liberación de área 7.5%, distracción de trabajadores 2.5% y no verificar el combustible en los equipos 5%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo la espera del material la cual influye en la espera de los equipos y el tiempo de la producción.

**3.1.2. Comparación de la productividad laboral del sistema tradicional con el enfoque Lean Construction en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.**

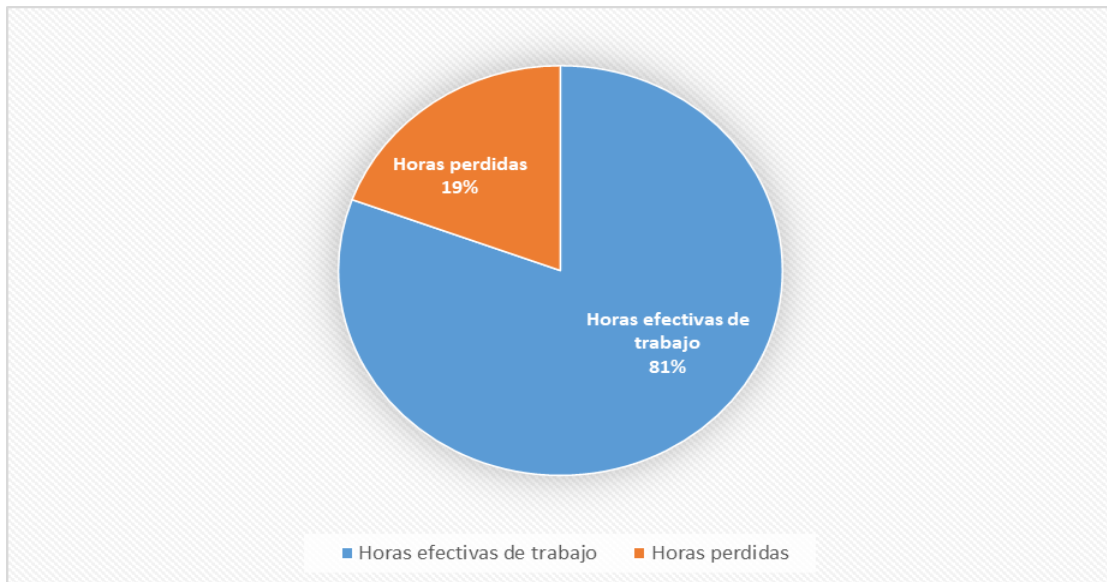


Figura 13. Distribución del trabajo realizado en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020.

Interpretación: en la figura 13 se muestra las horas de trabajo medidas al minuto en las actividades del mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal; pudiéndose evidenciar que del 100% de horas (960 min), tomados para la muestra, hubo un 19% (186 min) de minutos perdidos que fue producto de pasadas adicionales, desplazamientos improductivos, tiempo de espera de materiales, tiempo de espera de liberación de área, lectura de planos, tiempo de espera por liberación de área, mala operación del operador, mal compactado de la subbase, espera

de material asfáltica, distracción de trabajadores, no verificar el combustible en los equipos; sin duda la Filosofía Lean Construction aplicada a la construcción, busca eliminar este tipo de malgaste del tiempo, haciendo más eficiente y rápido el trabajo.

### 3.2. Resultados ligados a la hipótesis

**Tabla 4**

*Prueba de Shapiro-Wilk de los puntajes de la aplicación de Lean Construction para incrementar la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Aplicación de Lean Construction	,835	24	,001
Productividad laboral en la ejecución de obras	,937	24	,140

Nota. Instrumentos aplicados a obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

Interpretación: en el tabla 4 se muestran los resultados de la prueba de normalidad que se utilizó para conocer la distribución de la muestra de la variable y sus dimensiones; usándose para ello la prueba Shapiro-Wilk, encontrándose que los valores son menores al 5% de significancia ( $p < 0.05$ ), por tanto se trata de una distribución no normal, y concierne la utilización de pruebas no paramétricas para analizar la relación de causalidad

entre variables, para la contratación de las hipótesis se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman.

### 3.2.1. Prueba de hipótesis general

$H_1$ : La aplicación de Lean Construction incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

**Tabla 5**

*Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.*

Aplicación de Lean Construction		Productividad laboral en la ejecución de obras		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	0	1	1
	%	0,0%	4,2%	4,2%
BUENA	N	1	22	23
	%	4,2%	91,7%	95,8%
Total	N	1	23	24
	%	4,2%	95,8%	100,0%

Coefficiente Rho de Spearman 0.879 Sig. P = 0.000 < 0.01

Nota. Instrumentos aplicados a obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

Interpretación: en la tabla 5 se observa que el 91,7% de los obreros e ingenieros consideran que la aplicación de Lean Construction es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,879, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de investigación.

### 3.2.2. Prueba de hipótesis específicas

H<sub>1</sub>: La aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

**Tabla 6**

*Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.*

Entradas y salidas a la obra		Productividad laboral en la ejecución de obras		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	0	1	1
	%	0,0%	4,2%	4,2%
BUENA	N	1	22	23
	%	4,2%	91,7%	95,8%
Total	N	1	23	24
	%	4,2%	95,8%	100,0%

Coefficiente Rho de Spearman 0.208 Sig. P = 0.000 < 0.01

Nota. Instrumentos aplicados a obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

Interpretación: en la tabla 6 se observa que el 91,7% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,208, con nivel de significancia inferior al 1% (P < 0.01); esto permite aceptar la hipótesis de investigación.



H<sub>2</sub>: La aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

### Tabla 7

*Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.*

Tiempos de descanso		Productividad laboral en la ejecución de obras		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	1	10	11
	%	4,2%	41,7%	45,8%
BUENA	N	0	13	13
	%	0,0%	54,2%	54,2%
Total	N	1	23	24
	%	4,2%	95,8%	100,0%

Coefficiente Rho de Spearman 0.787 Sig. P = 0.000 < 0.01

Nota. Instrumentos aplicados a obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

Interpretación: en la tabla 7 se observa que el 54,2% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,789, con nivel de significancia inferior al 1% (P < 0.01); esto permite aceptar la hipótesis de investigación.

H<sub>3</sub>: La aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

### Tabla 8

*Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.*

Tiempos de refrigerio		Productividad laboral en la ejecución de obras		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	1	3	4
	%	4,2%	12,5%	16,7%
BUENA	N	0	20	20
	%	0,0%	83,3%	83,3%
Total	N	1	23	24
	%	4,2%	95,8%	100,0%

Coefficiente Rho de Spearman 0.851 Sig. P = 0.000 < 0.01

Nota. Instrumentos aplicados a obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

Interpretación: en la tabla 8 se observa que el 83.3% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el

Coefficiente Rho de Spearman 0,851, con nivel de significancia inferior al 1% (P < 0.01); esto permite aceptar la hipótesis de investigación.

H<sub>4</sub>: La aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

### Tabla 9

Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

Horas efectivas de trabajo		Productividad laboral en la ejecución de obras		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	0	9	9
	%	0,0%	37,5%	37,5%
BUENA	N	1	14	15
	%	4,2%	58,3%	62,5%
Total	N	1	23	24
	%	4,2%	95,8%	100,0%

Coefficiente Rho de Spearman 0.747 Sig. P = 0.000 < 0.01

Nota. Instrumentos aplicados a obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

Interpretación: en la tabla 9 se observa que el 58.3% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,747, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de investigación.

H<sub>5</sub>: La aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

**Tabla 10**

*Tabla cruzada de aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria y la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.*

Operación de la maquinaria		Productividad laboral en la ejecución de obras		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	0	9	9
	%	0,0%	37,5%	37,5%
BUENA	N	1	14	15
	%	4,2%	58,3%	62,5%
Total	N	1	23	24
	%	4,2%	95,8%	100,0%

Coefficiente Rho de Spearman 0.759 Sig. P = 0.000 < 0.01

Nota. Instrumentos aplicados a obreros e ingenieros que trabajan en el mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, durante al año 2020.

Interpretación: en la tabla 10 se observa que el 58.3% de los obreros e, ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,759, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de investigación.

#### IV. DISCUSIÓN

El sector de la construcción y dentro del mismo el mantenimiento de carreteras, como sector productivo del país, es de gran importancia en el desarrollo económico, ya que su dinámica es un motor que impulsa permanentemente el progreso de la sociedad. A través de la construcción se da respuesta a las necesidades de la población, con el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, portuaria, de vivienda, etc. Constituyendo una fuente permanente de trabajo con la utilización de mano de obra de manera intensiva y generando una importante actividad indirecta en otros sectores de la economía del país. A pesar de la importancia que cobra en la sociedad, la industria de la construcción es, incomprensiblemente, uno de los sectores que menor grado de desarrollo técnico presenta en la mayoría de los países latinoamericanos, incluyendo al Perú. Así pues, resulta una actividad caracterizada por grandes deficiencias, falta de productividad, y un gran empirismo, lo que se traduce en la poca competitividad y coloca a las empresas constructoras en desventaja frente a los mercados de la economía internacional.

El mantenimiento y conservación de carreteras, como actividad vial dentro del sector de la construcción presenta características especiales que explican, aunque no justifican, el grado de desarrollo en que se encuentra, se puede detallar: curva de aprendizaje limitada, influencia de las condiciones climáticas, trabajo permanente bajo presión, fragmentación de las actividades e incentivos negativos, poca capacitación, relaciones opuestas entre participantes de los proyectos, deficiente planificación o ausencia de la misma, actividades basadas en la experiencia, falta de investigación y desarrollo y actitud mental del sector. Conocido esto, se

vio la necesidad de aplicar métodos de mejora, debido al constante cambio de escenarios en que se desarrollan estos proyectos (Macedo, 2009).

La industria de la construcción es una de las industrias más importantes en la sociedad. Ya que tiene un impacto en la condición humana. La construcción ha sido citada como un dinamizador de la economía local, siendo, durante el periodo de ejecución de obras, la generación de gran cantidad de empleos, y durante el uso de las obras, producto de la construcción, se logra transformar el modo en cómo se desarrolla la economía de una ciudad. En los últimos años ha sido constante el aumento de la competitividad entre distintas empresas constructoras, las cuales para licitar la ejecución de obras disminuyen su propuesta económica para atraer al cliente, sin embargo, las empresas buscaran obtener alguna utilidad del proyecto a ejecutar y existen dos caminos para lograrlo; disminuyendo la calidad del proyecto o aumentar la productividad mediante el control de procesos (Ghio, 2001).

Es conocido que el sector de la construcción los plazos de realización de obra y de entrega final, deben cumplirse a cabalidad pero esto involucra en algunos casos a llegar a sobrecostos por los atrasos reiterados debido a una mala planificación desde el inicio del proyecto, por ejemplo ineficiencias por problemas en el uso de los recursos de mano de obra, materiales, o equipos inoperativos en la ejecución de las actividades, desinformación entre áreas, todo ello trae consecuencia un menor y no esperado margen bruto y baja rentabilidad. La poca eficiencia ya sea en sus métodos y procesos constructivos los puede llevar a pérdidas cuantiosas ya sea en un corto o largo plazo, por lo que implementar la filosofía Lean en sus

proyectos puede ser una de las distintas formas de ir generando una mejora continua de sus actividades productivas (Manrique, 2017).

El Lean Construction es una herramienta de mejoramiento de la Productividad y Calidad de las construcciones, es un método manufacturero o de fabricación con políticas como el Justo a Tiempo (entregas oportunas de los subcontratistas y proveedores), es una filosofía de Administración general. Se enfoca en la optimización de las operaciones productivas de manera coordinada teniendo siempre un enfoque hacia la eliminación de pérdidas y creación de valor hacia el cliente. El enfoque hacia la eliminación de perdidas es muy importante, porque los niveles en la construcción son muy altos. Diversos muestreos de los tipos de trabajo en la construcción, los cuales son clasificados en Trabajo Productivo (TP), Contributorio (TC) y No Contributorio (TNC), nos dicen que tenemos alrededor de la tercera parte de la producción en las obras de construcción está compuesta por pérdidas o desperdicios (Ortega, 2017).

En ese sentido, esta investigación pretende aplicar el enfoque Lean Construction para monitorear la productividad, identificar las pérdidas, planear el recurso humano necesario, validarlo como propuesta de trabajo en las demás actividades de mantenimiento; estas herramientas son hojas de control que ayudarán a detectar las pérdidas, a controlar las demoras y detenciones en el trabajo. Así también permite medir la variabilidad que existe en una actividad a lo largo del día.

De los resultados estadísticos, tenemos que en la figura 1 se muestra la distribución del

trabajo que realizan los obreros para el perfilado y compactación de la subrasante, es en la forma siguiente: trabajo productivo 57,5% (siendo el tiempo de 138 min.), el trabajo contributorio de 17.5 (42 min.) y el trabajo no contributorio de 25% (60 min.); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra. Estos resultados coinciden con lo expresado por Mercado y Ruiz (2018), respecto a la evaluación de la medición del nivel general de actividades en los encuestados, indican que el porcentaje de tiempo de la jornada diaria para el trabajo contributorio mayormente está destinado al desplazamiento, transporte y lectura de planos, esto se explica por el tipo de proyecto que una obra lineal. Para el trabajo no contributorio inciden los tiempos para el ocio, descanso y necesidades fisiológicas, el cual se debe en muchos casos a la falta de control e indicaciones precisas de los mandos medios. Para el Trabajo Productivo lo incidente es el tiempo utilizado en los trabajos de movimiento de tierras (Cortes, rellenos y eliminaciones).

En la figura 2 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para el perfilado y compactación de la subrasante por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; perfilado con motoniveladora 15%, refinar con motoniveladora 17.5%, regado con cisterna de agua 15% y compactado con rodillo 10%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; Colocar señales de seguridad 2.5%, charlas de seguridad 5%, transporte de materiales 7.5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; pasadas adicionales 2.5%, desplazamientos improductivos 7.5%,



tiempo de espera de materiales 7.5% y tiempo de espera de liberación de área 10%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante el tiempo de espera de liberación del área, los mismos que consisten en no planificar bien las liberaciones de área con el encargado de calidad de la supervisión y contrata.

En la figura 3 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la subbase y base granular es en la forma siguiente: trabajo productivo 62.5% (siendo el tiempo de 150min.), el trabajo contributorio de 25% (60 min.) y el trabajo no contributorio de 12.5% (30min.); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra. Por su parte Oblitas (2018) encontró en su investigación que con la implementación se logró realizar una buena planificación y mantener el flujo de los procesos, el Porcentaje de Plan Cumplido promedio fue de 75% lo cual nos indica que la obra es productiva. Se logró optimizar los tiempos de las partidas analizadas aplicando la herramienta Carta Balance, reduciendo el TNC entre 4% y 20% y aumentando el TP entre 4% y 20%. Se logró reducir las incidencias aplicando la técnica de los 5 porqués, disminuyendo en 33% las interferencias en campo, 75% la falta de personal y 75% los problemas con subcontratistas.

En la figura 4 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la subbase y base granular por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; extender el material 15%, batido de material de base

granular 7.5%, escarificado de material de base 10%, conformación de material de base 20% y humectación de material granular 10%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; marcación topográfica 20%, colocación de señales de seguridad 5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; desplazamientos inadecuados 2.5%, lectura de planos 5% y tiempo de espera por liberación de área 5%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante la lectura de planos la cual los encargados no dan una buena explicación a los trabajadores para que realicen un buen trabajo.

En la figura 5 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la imprimación asfáltica es en la forma siguiente: trabajo productivo 50% (siendo el tiempo de 120 min), el trabajo contributorio de 35% (84 min) y el trabajo no contributorio de 15% (36 min); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra. Al respecto Macedo (2009), encuentra que todas las actividades estudiadas incrementaron su productividad, utilizaron menos recursos, que se vio reflejado en ahorro monetario, ejemplo de ello es desbroce de maleza con equipo, limpieza de cunetas, poda de árboles con equipo, eliminación de derrumbes menores. Al momento de la aplicación del Lean Construction, se incrementaron los Tiempos Productivos, paralelo a ello se incrementaron y disminuyeron los tiempos Contributorios, los Tiempos No Contributorios disminuyeron en su totalidad reflejándose lo propuesto inicialmente, donde se consideraba la eliminación de los tiempos que no aportan valor al proceso productivo.

En la figura 6 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la imprimación asfáltica por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; impermeabilizar la superficie 15%, cerrar los espacios capilares 15%, revertir y pegar sobre las superficies las partículas sueltas 10%, endurecer la superficie 10%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; mantenimiento de equipo 7.5puebas y controles de calidad 15%, pasadas adicionales para la adherencia 12.5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; mala operación del operador 7.5% y mal compactado de la subbase 7.5%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante la mala operación del operador que hace tener pérdidas de tiempo en la operación.

En la figura 7 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la carpeta asfáltica es en la forma siguiente: trabajo productivo 52.5% (siendo el tiempo de 126 min), el trabajo contributorio de 25% (60 min.) y el trabajo no contributorio de 22.5% (54 min); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra. Sobre ello Ortega (2017), sostiene que Las esperas también son un tipo de perdidas, se puede dar por falta de materiales o por falta de instrucciones para ejecutar el trabajo, es el caso de los obreros que no saben cómo realizar el trabajo por falta de instrucciones esto se puede evitar si antes de ejecutar los trabajos se prevé todas las restricciones que se pudieran tener en cada trabajo que se va a realizar, el sistema Last Planner no permite ejecutar ningún trabajo que no

tenga todas las restricciones levantadas. Lo más importante para poder aplicar la Filosofía Lean con éxito es involucrar al personal obrero ya que sin la voluntad de ellos no se obtendría los resultados esperados, por eso es recomendable tener incentivos cuando se cumplen metas trazadas, realizar actividades extra laborales como campeonatos de futbol, para que se pueda interactuar entre todos los trabajadores de la obra. Esto mejora en gran parte la voluntad, tiene a los trabajadores motivados y que se sientan parte de la obra.

En la figura 8 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para carpeta asfáltica por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo colocación de mezcla asfáltica 20%, compactación de mezcla asfáltica 27.5%, pintado de marcas de pavimentación 5%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; preparación de mezcla asfáltica 7.5%, pruebas y controles de calidad 7.5% y control topográfico 10%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos: espera de material asfáltica 7.5%, liberación de área 7.5%, distracción de trabajadores 2.5% y no verificar el combustible en los equipos 5%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo la espera del material la cual influye en la espera de los equipos y el tiempo de la producción.

En la figura 9 se muestra las horas de trabajo medidas al minuto en las actividades del mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal; pudiéndose evidenciar que del 100% de horas (960 min), tomados para la muestra, hubo un 19% (186 min) de minutos perdidos que fue producto de pasadas adicionales,

desplazamientos improductivos, tiempo de espera de materiales, tiempo de espera de liberación de área, lectura de planos, tiempo de espera por liberación de área, mala operación del operador, mal compactado de la subbase, espera de material asfáltica, distracción de trabajadores, no verificar el combustible en los equipos; sin duda la Filosofía Lean Construction aplicada a la construcción, busca eliminar este tipo de malgaste del tiempo, haciendo más eficiente y rápido el trabajo.

En torno a esta diferencia, señalan Ramos, et al. (2014), sobre el enfoque de producción tradicional semana que la producción consiste en conversiones (actividades o tareas) y todas añaden valor al producto. El enfoque de control está dirigido hacia el costo de las actividades (formado por conjunto de operaciones, funciones o tareas), mientras que el enfoque de mejoramiento incremento de la eficiencia por medio de la adopción de nueva tecnología. En tanto que sobre el enfoque de producción Lean, la producción consiste en conversiones y flujos, solo las primeras agregan valor al producto; el enfoque de control está dirigido hacia el costo, tiempo y valor de los flujos (ciclos de los procesos) y minimizar variabilidad. Y el enfoque de mejoramiento se basa en la mejora continua respecto al desperdicio y valor y periódicamente respecto a la eficiencia a través de la implementación de nuevas tecnologías.

Mientras que, en la tabla 5 se observa que el 91,7% de los obreros e ingenieros consideran que la aplicación de Lean Construction es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,879, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de

investigación. A esto se puede sumar lo que concluye Valencia (2018), cuando señala que la importancia de identificar mecanismos que permitan implementar la filosofía Lean Construction, radica en generar un aumento en la productividad de materiales, mano de obra y maquinaria, aumentando el valor del producto final a partir de la eliminación de cualquier tipo de pérdida que pueda ocurrir. Para la implementación de la filosofía Lean Construction, se requiere de un compromiso gerencial que parte desde los socios de las compañías, quienes podrán apreciar el logro de los resultados positivos apoyando los procesos de evaluación de los consumos de las actividades de la construcción, apoyando también la determinación de las pérdidas con la implementación de filosofía lean Construction y sus herramientas como el método de planeación ultimo planificador.

A ello se puede añadir lo encontrado por Chacha (2017), quien establece que los principales desperdicios en este tipo de construcciones son las esperas por material, por área de trabajo, por información y por cisterna, también el tiempo ocioso producto de la actitud del trabajador es otra fuente de desperdicios con mayor incidencia, lo que evidencia el error del pensamiento tradicional con el que se manejan los proyectos de construcción, los cuales no consideran que las construcciones no solo son de transformación, sino también de flujos. Al realizar la comparación entre las dos empresas se puede concluir que la empresa B es más competitiva que la A, evidenciándose una menor cantidad de desperdicios, lo que conlleva a deducir que tienen una mejor organización y planeación, haciéndola más productiva. Las construcciones viales al ser sistemas de flujo continuo y alineado, presenta menor cantidad de

desperdicios en comparación a la construcción de edificios y viviendas los cuales son considerados como sistemas de producción repetitivos, descartándose así la hipótesis planteada.

En la tabla 6 se observa que el 91,7% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,208, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de investigación. Estos datos pueden ser comparados con lo hallados por Vásquez (2019), quien a través de la determinación de un modelo de gestión con la aplicación de la filosofía Lean Construction en proyectos de infraestructura educativa en el sector público obtiene un resultado de 38% del trabajo productivo, 37% trabajo contributivo y un 25% no contributivo, este porcentaje indica que el TP es mayor al TNC por cuanto es un indicador positivo de gestión. Concluye que se logró la gestión en productividad y control mediante la aplicación de la filosofía lean construction, generando una herramienta de gestión que optimiza los recursos económicos en proyectos de infraestructura educativa en el sector público. Los modelos de gestión en la productividad mediante la aplicación de la filosofía lean construction y sus herramientas en las infraestructuras educativas, aumenta la productividad significativamente.

En la tabla 7 se observa que el 54,2% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,789, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de

investigación. Los resultados pueden ser apoyados por lo encontrado por Alberca y Mauro (2019) quien implementó la filosofía Lean Construction en las obras de pavimentación ejecutadas por la empresa constructora Corporación Inmobiliaria Sudamericana SAC (CISSAC), para elevar su nivel de Productividad”, esta filosofía fue aplicada a las partidas que aportan mayor valor económico a las obras, como son acero, encofrado y desencofrado y vaciado de concreto en losa de concreto armado, una vez aplicada las herramientas se llegó a la conclusión de que todas las cuadrillas tomadas como muestras no se encuentran balanceadas por lo que se establece propuestas de mejora, a fin de maximizar los rendimientos del personal.

En la tabla 8 se observa que el 83.3% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,851, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de investigación. Los datos hallados pueden contrastarse con lo que encontró Burneo (2015), en su investigación, en la cual encontró que con la implementación de la metodología sugerida por lean, se lograron resultados positivos, lo que demuestra la viabilidad de la filosofía en esta área de trabajo, debido a que el Lean Construction no limita la aplicación de sus principios a la construcción, por el contrario, incentiva a la generación de nuevas ideas que ayuden a disminuir tiempos y actividades no productivas y por ende mejorar la productividad en proyectos de mantenimiento de carreteras.



En la tabla 9 se observa que el 58.3% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,747, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de investigación. Estos datos pueden ser comparados con los hallados por Flores y Ramos (2018), quienes hicieron una evaluación de la productividad para conocer las causas de la baja productividad en las obras de construcción en la ciudad de Arequipa, encontró que de acuerdo el diagrama de Pareto promedio, las principales causas de baja productividad de las 10 obras son: las Esperas (E), Descansos (D), Transportes (T), Viajes (V). Acumulando entre estas 4 labores el 34% de ocupación del tiempo, se mejorará productividad si nos centramos en disminuir al mínimo la ocupación del tiempo en estas labores. Este parámetro es un indicador del estado actual de cómo se ejecutan las obras en la ciudad de Arequipa y el nivel de gestión empleado.

En la tabla 10 se observa que el 58.3% de los obreros e, ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria es buena, por lo tanto, la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,759, con nivel de significancia inferior al 1% ( $P < 0.01$ ); esto permite aceptar la hipótesis de investigación. Estos datos se pueden complementar con lo encontrado por Cayetano y Zúñiga (2016), quienes encontraron que el rendimiento de la mano de obra es un factor muy determinante en el proceso constructivo de todo proyecto, sin ella no podrá ejecutarse o

llevarse a cabo ningún proyecto. Así mismo existen factores que influyen en el rendimiento de mano de obra; como son el factor Clima, el Factor de Calidad de Mano de Obra, el Factor de Calidad de Materiales, el Factor de Calidad de Maquinarias y Equipos y por último la Disponibilidad de Recursos. Se determinó el rendimiento de mano de obra de cada partida constituida en obras de Pavimento Rígido, obtenidas por el modelo de regresión múltiple con variables ficticias. Se determinó los factores que intervienen en el rendimiento de mano de obra las cuales son: el factor Clima y Ubicación Geográfica, el Factor de la Calidad de Mano de Obra, el Factor de Calidad de Materiales, el factor de Calidad de Maquinarias y Equipos y el Factor de Disponibilidad de Recursos y otros factores, los cuales pueden ser negativo o positivos en resultado del rendimiento de mano de obra.

La problemática que existe actualmente en la construcción y/o mejoramiento de obras viales es una baja productividad debido a una mala planificación y un incorrecto control en la ejecución de las actividades, lo que conlleva a no cumplir con los plazos de entrega, incremento en costos del presupuesto e insatisfacción por parte del cliente. Por ello, es importante dar a conocer a los profesionales de la construcción que mediante la aplicación de algunos conceptos del Lean Construction se mejorara la productividad en sus obras, que como consecuencia se obtendrán mayores utilidades, menores tiempos de ejecución de obra y también la reducción de riesgos de accidentes en obra. Dada la importancia que tiene la planificación y el control en los proyectos se entiende la necesidad de la aplicación de un sistema de gestión que nos permita maximizar el valor del producto y minimizar el desperdicio.

## V. CONCLUSIONES

- Del trabajo que realizan los obreros para el perfilado y compactación de la subrasante, el trabajo es productivo en un 57,5%, contributorio en un 17.5 y no contributorio en un 25%; En la subbase y base granular, el trabajo es productivo en un 62.5%, contributorio en un 25% y no contributorio en un 12.5%. En la imprimación el trabajo es productivo en un 50%, contributorio en un 35% y no contributorio en un 15%. En la carpeta asfáltica el trabajo es productivo en un 52.5%, contributorio en un 25% y no contributorio en un 22.5% (54 min); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra.
- De las horas de trabajo medidas al minuto en las actividades del mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal; se evidenció que del 100% de horas (960 min), hubo un 19% (186 min) de minutos perdidos, la Filosofía Lean Construction aplicada a la construcción, busca eliminar este tipo de malgaste del tiempo, haciendo más eficiente y rápido el trabajo.
- El 91,7% de los obreros e ingenieros consideran que la aplicación de Lean Construction es buena y la productividad laboral en la ejecución de obras es alta; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,879 ( $P < 0.01$ ), se acepta que la aplicación de Lean Construction incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

- El 91,7% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra es buena y la productividad laboral en la ejecución de obras es alta; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,208 ( $P < 0.01$ ), se acepta que la aplicación de Lean Construction en las entradas y salidas a la obra incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.
  
- El 54,2% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso es buena y la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,789 ( $P < 0.01$ ), se acepta que la aplicación de Lean Construction en los tiempos de descanso incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.
  
- El 83.3% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio es buena y la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,851 ( $P < 0.01$ ), se acepta que la aplicación de Lean Construction en los tiempos de refrigerio incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.
  
- El 58.3% de los obreros e ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo es buena y la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,747 ( $P < 0.01$ ), se acepta que la aplicación de Lean Construction en las horas efectivas de trabajo incrementa significativamente la

productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

- El 58.3% de los obreros e, ingenieros, consideran que la aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria es buena y la productividad laboral en la ejecución de obras es alto; siendo el Coeficiente Rho de Spearman 0,759 ( $P < 0.01$ ), se acepta que la aplicación de Lean Construction en la operación de la maquinaria incrementa significativamente la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar difundiendo los conceptos asociados al Lean Construction, tanto para ingenieros residentes, como para los estudiantes de los últimos ciclos, ya que serán estos los que en el futuro estarán laborando en diversos proyectos, y quienes aplicarán nuevas herramientas que permitirán mayores cambios en la industria.
- Se recomienda a los profesionales de la construcción innovar sus métodos de trabajo para enfrentar exitosamente la competitividad en este sector mediante la aplicación de las nuevas ideas en el desarrollo de proyectos de construcción que les permita utilizar de forma eficiente los recursos, mejorando así la competitividad de las empresas y proyectos de construcción, ya que, al incorporar nuevas filosofías de gestión, se mejora el desarrollo de los proyectos.
- Se sugiere capacitar al personal técnico y personal de obra acerca de la filosofía Lean Construction y los beneficios a corto y largo plazo que este tiene para el proyecto, generando compromisos e involucrando a todo el personal de obra en la consecución de los objetivos propuestos.
- Se sugiere implementar las herramientas Lean Construction de forma progresiva y en la medida que la empresa pueda cumplir con los requerimientos de la implementación. Adecuando para ello su metodología y herramientas que respondan a las necesidades que van surgiendo.

- Se recomienda contratar personal calificado y con experiencia en la implementación del Lean en proyectos de pavimentación y mejoramiento, es de suma importancia para alcanzar las metas propuestas con este sistema, así como realizar una efectiva retroalimentación para una mejora continua.
- Se recomienda ofrecer información mediante capacitaciones a las empresas de bajos recursos logísticos, para que sigan implementando y aplicando la Filosofía del Lean Construction en la ejecución de obras, con fines de incrementar su productividad.
- Se sugiere mejorar la comunicación entre todas las partes involucradas en el proyecto, para lo cual se deben fomentar reuniones permanentes. Para que el proyecto en ejecución marche sin inconveniente alguno, es necesario tener en cuenta las fechas de levantamiento de las restricciones, para liberar a las actividades programadas y poderlas realizar.
- Se recomienda mejorar e incrementar más formularios de las herramientas del Lean Construction, con fines de incrementar los niveles de implementación y poder ser usados como referencia en nuevos proyectos a desarrollar.
- Se recomienda realizar un mayor detalle de las restricciones o variabilidad que no contribuyen con el incremento de la productividad, teniendo alternativas de mitigación de las mismas haciendo participe a todos los colaboradores dentro de una empresa constructora.
- Se recomienda desarrollar nuevas metodologías de aprendizaje para el mayor entendimiento de los procesos de flujo continuo en el desarrollo de la aplicación e implementación del Lean Construction, sin descuidar la óptima calidad de obra.

- Se recomienda a partir de la comparación realizada a la aplicación de la Filosofía del Lean Construction con la metodología de ejecución tradicional, ver nuevos métodos constructivos para también realizarlos su comparación y poder tener varias alternativas de aplicación.
- Como recomendación final se invita a seguir con la investigación de la productividad no solo en obras de infraestructura vial, si no en todas las ramas de la construcción y al mismo tiempo difundir la Filosofía LEAN u otra Filosofía de Gestión de obras para la mejora de la Industria de la Construcción.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alpízar, G. (2017). *Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI*. Tesis para optar al Título de Licenciado en Ingeniería Civil. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción. Costa Rica.

Álvarez, M. (2012). *Déficit actual de vivienda de interés social prioritaria en Bogotá, Colombia*.

Arévalo (2018). *Implementación de la metodología lean construction en la productividad de la construcción del proyecto Casa Club Recrea Las Magnolias-Breña*. Tesis para optar el Grado: Maestro en Gerencia de Proyectos de Ingeniería. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

Arboleda (2014). *Análisis de productividad, rendimiento y consumo de mano de obra en procesos constructivos*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Alarcón, F. (1997). Herramientas para la Reducción de Pérdidas en Proyectos de Construcción. *Revista de Ingeniería*, (15) (1), 37-45.

- Baladrón (2017). *Evaluación de impactos de la implementación de metodologías lean en proyectos de desarrollo minero en construcción*. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Chile.
- Ballardy Howell, G. (1998). Shielding production: Essential step in production control. *Journal of Management in Engineering*, (1), 11–17.
- Brioso (2015). *El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la Ley de la ordenación de la edificación*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Botero L. (2006). *Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construcción*. (2ª Ed.). Colombia: LEGIS S.A.
- Botero, L. (2014). *Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas)*. Medellín: Universidad EAFIT. 47 p.
- Burneo, L. (2013). *Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction*. Tesis para obtener una Maestría en Planeamiento Urbano. Universidad de Piura. Perú.
- Botero, L. y Álvarez M. (2003). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. *Revista Universidad EAFIT* N° 130, (1), 66-78.

Crespo, W. (2015). *Mejora de la productividad en la construcción de edificaciones en la ciudad de Quito, Aplicando Lean Construction*. (Tesis posgrado). Universidad Central del Ecuador. Quito- Ecuador.

Corahua, W y Lozano, J. (2017). *Aplicación de la filosofía lean construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco, 2014*. (Tesis posgrado). Universidad Andina Del Cusco. Cusco, Perú

Flores (2016). *Aplicación de la filosofía lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de la construcción del Estadio de la UNA – Puno*. Tesis para optar el Título de Arquitecto de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Formoso, C., Dos Santos, A. y Powell, J. (2002). An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. *Journal for Construction Research*. (3)(1), 35-54.

Ghio, V. (2000). *Diagnóstico y evaluación de la productividad en la construcción de obras en Lima Metropolitana*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción: Diagnostico, crítica y propuesta*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Guzmán (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Gutiérrez, N. (2017). *Implementación del sistema last planner en edificación en altura en una empresa constructora: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel*. Tesis para optar al Título de Ingeniero Constructor. Universidad Andrés Bello. Santiago, Chile.
- Howell, G. (1999). *What is Lean Construction*. Proceeding 7th Annual Conference International Group of Lean Construction, (1), 26-28.
- Ibarra (2014). *Lean Construction*. Tesis para obtener el título de Especialista. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ibáñez, F. (2018). *Análisis y definición de estrategias para la implementación de las herramientas del lean construction en Chile*. (Tesis posgrado). Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- Izquierdo, J. (2012). Taller de conceptos Lean en la industria de la construcción. Conferencia presentada en el 1er. Congreso Nacional Lean Construction, Perú.
- Koskela, L. (1999). Management of production in Construction: A Theoretical View. Proceedings of the 7th International Group for Lean Construction Conference, (1), 26-28.

- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction Ph.D. Thesis*, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.
- Macedo, C. (2009). *Aplicación de la teoría "Lean Construction" en actividades representativas de mantenimiento rutinario. En carreteras asfaltadas (Ejemplo Práctico Tramo Dv. Olmos- Cavico 150.60 Km.)*. Universidad Nacional de San Martín.
- Manrique, Y. (2017). *Diseño de un modelo de gestión para mejorar la rentabilidad mediante el incremento de la productividad y el control de los costos en proyectos de construcción*. Universidad Ricardo Palma.
- Mercado, M. y Ruíz, R. (2018). *Propuesta de una metodología de gestión de la producción para la mejora de la productividad en obras de pavimentación en la Provincia de Coronel Portillo-Ucayali- PERÚ*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú.
- Merino (2015). *Aplicación de la filosofía lean para la mejora de la productividad en la estructura: reservorio elevado de la obra: instalación, ampliación y mejoramiento del servicio de agua potable y alcantarillado en los AA.HH. de las cuencas 1,2 y 3 de la zona alta de la ciudad de Paita-Provincia de Paita Piura, en el año 2014*. Para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil. Universidad Señor de Sipán. Lima, Perú.

Meza (2017). *Propuesta de aplicación de la filosofía lean construction en un proyecto de edificación de albañilería confinada para reducir costos de ejecución. Trabajo de grado para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.* Universidad Privada De Trujillo. Trujillo – Perú.

Valderrama y Morachimo (2014). *Optimización de la productividad en tres (03) obras típicas con la aplicación de la filosofía lean construction.* Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Santa. Perú.

Oblitas, R. (2018). *Análisis y mejora de la productividad aplicando la filosofía Lean Construction en el mejoramiento de la Av. Pedro Miotta en San Juan de Miraflores-Lima.* Universidad de San Martín de Porres.

Ohno, T. (1993). *Production System: Beyond Large-Scale Production.* Productivity Press, Portland, (1), 143.

Ortega, C. (2017). *Aplicación de los conceptos de la filosofía Lean Construcción para mejorar la productividad de pavimentos rígidos.* Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

Ramos, M., Ríos, D. y Rodríguez, H. (2014). *Mejoramiento de la planificación utilizando Lean Construction en el proyecto de remodelación clínica del parque.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

- Rodríguez, C. (2012). *Mejoramiento de la productividad en la construcción de obras con Lean Construction, Trenchless, Cyclone, Ezstroke, BIM*. Cultura abierta E.I.R.L.
- Serpell B. y Verbal R. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance. *Revista Ingeniería de Construcción* N°9, (1), 1-16.
- Soibelman, L. (2000). *Material de desperdicio en la industria de la construcción: Incidencia y control*. Cuaderno FICA.
- Tercero (2015). *Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean Construcción Esbelta en proyectos de construcción*. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Administración. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Tsao, C. (2005). *Use of Work Structuring to Increase Performance of Project Based Production Systems*, Doctoral Dissertation, University of California, Berkeley, EE.UU.
- Tipan, A. (2018). *Incidencia de variables de caracterización de cultura organizacional en la filosofía lean construction para pequeñas y microempresas constructoras en el Ecuador*. (Tesis pregrado). Escuela Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito, Ecuador.
- Toledo, C. (2017). *Mejoramiento de la planificación operacional mediante la implementación de la filosofía lean construction en el proyecto ampliación y mejoramiento del*

*Hospital de Moquegua Nivel Ii-2 Ubicado en el departamento de Moquegua.* (Tesis posgrado). Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua – Perú.

Valencia, M. (2018). *Aplicación de lean construcción al sector de la infraestructura vial en Colombia.* Tesis para optar al Título de Especialista en Gerencia de Empresas Constructoras. Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia.

Vásquez, E. (2019). *Aplicación de la filosofía lean construction en la ejecución y control de proyectos civiles.* (Tesis pregrado). Universidad Peruana del Centro. Huancayo, Perú.

Villamizar, D. y Ortiz, L. (2016). *Implementación de los principios de lean construction en la Constructora Colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el Municipio de Villa Del Rosario.* (Tesis posgrado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia



## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1

#### CUESTIONARIO APLICADO PARA MEDIR LA PRODUCCIÓN DE TEXTOS

El presente cuestionario tiene por objetivo determinar si la aplicación de Lean Construction incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020. Este instrumento es completamente privado y la información que de él se obtenga es totalmente reservada y válida sólo para los fines académicos de la presente investigación. En su desarrollo debes ser extremadamente objetivo, honesto y sincero en sus respuestas.

Se agradece por anticipado tu valiosa participación.

#### INSTRUCCIONES:

Debes marcar con absoluta objetividad con un **aspa (X)** en la columna que correspondiente de cada una de las interrogantes.

La equivalencia de su respuesta tiene el siguiente puntaje:

- ✓ Siempre            4
- ✓ Casi siempre    3
- ✓ A veces            2
- ✓ Casi nunca       1
- ✓ Nunca              0

N.º	Ítems	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
<b>Entradas y salidas a la obra</b>						
1	¿Los obreros llegan con puntualidad a la obra que se viene realizando?					
2	¿Los obreros salen a la hora exacta luego de su tiempo de trabajo?					
3	¿Al ingresar a la obra el obrero registra su asistencia?					
4	¿El obrero ingresa correctamente vestido con su uniforme de trabajo?					
5	¿Existe un aviso visible que con las instrucciones y medidas que debes cumplir el trabajador dentro de la obra?					

<b>Tiempos de descanso</b>					
6	¿Los obreros gozan de media hora de descanso para tomar refrigerio dentro de sus 8 horas laborales?				
7	¿Los trabajadores cuentan con un área especial dedicada al descanso?				
8	¿Los obreros cuentan con un día semanal de descanso debidamente retribuido?				
9	¿Se evitan las jornadas excesivamente prolongadas del trabajo?				
10	¿Se le otorga al trabajador descansos compensatorios prolongados?				
<b>Tiempos de refrigerio</b>					
11	¿Se le otorga un refrigerio balanceado al trabajador durante su jornada laboral?				
12	¿Los trabajadores cuentan con tiempo suficiente para ingerir sus alimentos?				
13	¿Los trabajadores cuentan con un ambiente adecuado para tomar su refrigerio?				
14	¿Se fija una misma hora de refrigerio para todo el personal de la obra?				
15	¿La empresa respeta el horario de refrigerio y el tiempo del mismo establecido por Ley?				
<b>Horas efectivas de trabajo</b>					
16	¿El obrero cumple eficientemente sus horas de trabajo establecidas?				
17	¿Las horas extras que el trabajador realiza son pagadas de forma oportuna?				
18	¿Si el trabajador no culmina sus tareas debe quedarse más tiempo hasta terminarlas?				
19	¿Se terminan las tareas planificadas para el día y la semana en la obra?				
20	¿Se estiman las horas efectivas de trabajo por cada día de trabajo, teniendo en cuenta los períodos de descanso?				
<b>Operación de la maquinaria</b>					
21	¿El operador de maquinaria realiza revisiones previas al manejo de los equipos y garantizar que les sea realizado el mantenimiento respectivo?				
22	¿Los operadores de maquinaria conocen el manejo adecuado y eficiente de los equipos?				
23	¿Los operadores de maquinaria inspeccionan sus equipos haciendo chequeos antes de que estos sean operados?				
24	¿El operario de maquinaria realiza reparaciones menores y ajustes de emergencia en los equipos?				
25	¿El operario de maquinaria realiza el encendido y apagado de los equipos de manera segura?				

## ANEXO 2

### CUESTIONARIO APLICADO PARA MEDIR LA PRODUCCIÓN DE TEXTOS

El presente cuestionario tiene por objetivo determinar si la aplicación de Lean Construction incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020. Este instrumento es completamente privado y la información que de él se obtenga es totalmente reservada y válida sólo para los fines académicos de la presente investigación. En su desarrollo debes ser extremadamente objetivo, honesto y sincero en sus respuestas.

Se agradece por anticipado tu valiosa participación.

#### INSTRUCCIONES:

Debes marcar con absoluta objetividad con un **aspa (X)** en la columna que correspondiente de cada una de las interrogantes.

La equivalencia de su respuesta tiene el siguiente puntaje:

- ✓ **Siempre**            4
- ✓ **Casi siempre**    3
- ✓ **A veces**            2
- ✓ **Casi nunca**        1
- ✓ **Nunca**              0

N.º	Ítems	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
<b>Cumplimiento de los plazos</b>						
1	¿Considera que la aplicación del Lean Construction ayuda a mejorar el cumplimiento de los plazos de entrega de la obra?					
2	¿Los tiempos muertos y trabajo no contributivo produce alteraciones de plazos o reprogramaciones de los períodos de actividades?					
3	¿Cuándo no se realizan los trabajos de forma eficiente se requiere incrementaron los plazos de entrega de la obra?					
4	¿Considera que se debe realizar la obra en la forma y plazos convenidos en el contrato?					
5	¿Se ha requerido contratar más personal para cumplir con los plazos					

	de la obra?					
<b>Reducción de costos</b>						
6	¿Considera que la aplicación del Lean Construction ayuda a reducir los costos de la obra?					
7	¿Considera que un mayor tiempo de ejecución demandará una cantidad de recursos?					
8	¿Usan herramientas administrativas para controlar los tiempos de construcción y los costos de operación?					
9	¿El retraso de las actividades produce variaciones en los costos que perjudican a la empresa?					
10	¿Se realizan con frecuencia trabajos extras para mejorar las deficiencias de alguna actividad realizada?					
<b>Tiempos efectivos</b>						
11	¿Considera que la aplicación del Lean Construction ayuda a tener procedimientos efectivos en la obra?					
12	¿La empresa realiza un cálculo permanente para determinar el tiempo efectivo de trabajo de los obreros?					
13	¿Se tiene un reporte con los tiempos efectivos en el uso de equipos?					
14	¿La empresa aplica técnicas que permitan medir el grado de eficiencia del recurso humano y equipos?					
15	¿Se identifican los tiempos muertos y el trabajo no contributivo para eliminarlo o reducirlo?					
<b>Productividad eficiente</b>						
16	¿Se eliminan o mejoran elementos innecesarios que afectan la productividad y seguridad en la obra?					
17	¿Considera que el uso de técnicas de gestión productiva incrementa la productividad?					
18	¿Se especifican y definen las tareas de los operarios y se supervisa su cumplimiento?					
19	¿Considera que la disminución de la productividad es imputable a las malas condiciones de trabajo?					
20	¿Agilizando y simplificando el trabajo se puede evidenciar un incremento de eficiencia y productividad?					
<b>Accidentabilidad</b>						
21	¿Los accidentes laborales tienen un alto costo para la persona y para la empresa?					
22	¿Considera que es importante integrar la prevención y las charlas de seguridad en la obra?					
23	¿Todos los trabajadores tienen información sobre los riesgos y saben cómo prevenirlos?					
24	¿Considera que un menor número de accidentes incide en la productividad laboral?					
25	¿Los trabajadores cuentan con los equipos y protección adecuada para el desarrollo de su trabajo?					

### Anexo 3

#### Confiabilidad de los ítems y dimensiones de la variable Aplicación de Lean Construction

Nº	ÍTEMS	Correlación elemento - total corregida	Alfa de Cronbach si el ítem se borra
<b>Entradas y salidas a la obra</b>			
1	¿Los obreros llegan con puntualidad a la obra que se viene realizando?	,547	,750
2	¿Los obreros salen a la hora exacta luego de su tiempo de trabajo?	,485	,772
3	¿Al ingresar a la obra el obrero registra su asistencia?	,581	,738
4	¿El obrero ingresa correctamente vestido con su uniforme de trabajo?	,462	,775
5	¿Existe un aviso visible que con las instrucciones y medidas que debes cumplir el trabajador dentro de la obra?	,748	,674
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,785$ La fiabilidad se considera como MUY ACEPTABLE			
<b>Tiempos de descanso</b>			
6	¿Los obreros gozan de media hora de descanso para tomar refrigerio dentro de sus 8 horas laborales?	,559	,803
7	¿Los trabajadores cuentan con un área especial dedicada al descanso?	,493	,822
8	¿Los obreros cuentan con un día semanal de descanso debidamente retribuido?	,894	,710
9	¿Se evitan las jornadas excesivamente prolongadas del trabajo?	,493	,822
10	¿Se le otorga al trabajador descansos compensatorios prolongados?	,694	,764
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,822$ La fiabilidad se considera como BUENO =			
<b>Tiempos de refrigerio</b>			
11	¿Se le otorga un refrigerio balanceado al trabajador durante su jornada laboral?	,563	,794
12	¿Los trabajadores cuentan con tiempo suficiente para ingerir sus alimentos?	,528	,805
13	¿Los trabajadores cuentan con un ambiente adecuado para tomar su refrigerio?	,573	,794
14	¿Se fija una misma hora de refrigerio para todo el personal de la obra?	,697	,751
15	¿La empresa respeta el horario de refrigerio y el tiempo del mismo establecido por Ley?	,759	,747

Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,815$ La fiabilidad se considera como BUENO=			
<b>Horas efectivas de trabajo</b>			
16	¿El obrero cumple eficientemente sus horas de trabajo establecidas?	,720	,923
17	¿Las horas extras que el trabajador realiza son pagadas de forma oportuna?	,779	,914
18	¿Si el trabajador no culmina sus tareas debe quedarse más tiempo hasta terminarlas?	,835	,904
19	¿Se terminan las tareas planificadas para el día y la semana en la obra?	,840	,899
20	¿Se estiman las horas efectivas de trabajo por cada día de trabajo, teniendo en cuenta los períodos de descanso?	,878	,891
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,924$ La fiabilidad se considera como EXCELENTE=			
<b>Operación de la maquinaria</b>			
21	¿El operador de maquinaria realiza revisiones previas al manejo de los equipos y garantizar que les sea realizado el mantenimiento respectivo?	,766	,664
22	¿Los operadores de maquinaria conocen el manejo adecuado y eficiente de los equipos?	,393	,787
23	¿Los operadores de maquinaria inspeccionan sus equipos haciendo chequeos antes de que estos sean operados?	,658	,697
24	¿El operario de maquinaria realiza reparaciones menores y ajustes de emergencia en los equipos?	,345	,800
25	¿El operario de maquinaria realiza el encendido y apagado de los equipos de manera segura?	,629	,710
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,778$ La fiabilidad se considera como MUY ACEPTABLE =			

#### Anexo 4

### Confiabilidad de los ítems y dimensiones de la variable Productividad laboral en la ejecución de obras

Nº	ÍTEMS	Correlación elemento - total corregida	Alfa de Cronbach si el ítem se borra
<b>Cumplimiento de los plazos</b>			
1	¿Considera que la aplicación del Lean Construction ayuda a mejorar el cumplimiento de los plazos de entrega de la obra?	,407	,821
2	¿Los tiempos muertos y trabajo no contributorio produce alteraciones de plazos o reprogramaciones de los períodos de actividades?	,758	,711
3	¿Cuándo no se realizan los trabajos de forma eficiente se requiere incrementaron los plazos de entrega de la obra?	,555	,778
4	¿Considera que se debe realizar la obra en la forma y plazos convenidos en el contrato?	,552	,781
5	¿Se ha requerido contratar más personal para cumplir con los plazos de la obra?	,702	,736
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,805$ La fiabilidad se considera como BUENO			
<b>Reducción de costos</b>			
6	¿Considera que la aplicación del Lean Construction ayuda a reducir los costos de la obra?	,619	,740
7	¿Considera que un mayor tiempo de ejecución demandará una cantidad de recursos?	,662	,727
8	¿Usan herramientas administrativas para controlar los tiempos de construcción y los costos de operación?	,509	,775
9	¿El retraso de las actividades produce variaciones en los costos que perjudican a la empresa?	,496	,781
10	¿Se realizan con frecuencia trabajos extras para mejorar las deficiencias de alguna actividad realizada?	,595	,749
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,794$ La fiabilidad se considera como MUY ACEPTABLE=			
<b>Tiempos efectivos</b>			
11	¿Considera que la aplicación del Lean Construction ayuda a tener procedimientos efectivos en la obra?	,598	,833
12	¿La empresa realiza un cálculo permanente para determinar el tiempo efectivo de trabajo de los obreros?	,669	,812
13	¿Se tiene un reporte con los tiempos efectivos en el uso de equipos?	,667	,813

14	¿La empresa aplica técnicas que permitan medir el grado de eficiencia del recurso humano y equipos?	,732	,796
15	¿Se identifican los tiempos muertos y el trabajo no contributorio para eliminarlo o reducirlo?	,627	,822
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,846$ La fiabilidad se considera como BUENO=			
<b>Productividad eficiente</b>			
16	¿Se eliminan o mejoran elementos innecesarios que afectan la productividad y seguridad en la obra?	,575	,712
17	¿Considera que el uso de técnicas de gestión productiva incrementa la productividad?	,415	,766
18	¿Se especifican y definen las tareas de los operarios y se supervisa su cumplimiento?	,588	,707
19	¿Considera que la disminución de la productividad es imputable a las malas condiciones de trabajo?	,519	,732
20	¿Agilizando y simplificando el trabajo se puede evidenciar un incremento de eficiencia y productividad?	,597	,705
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,768$ La fiabilidad se considera como MUY ACEPTABLE =			
<b>Accidentabilidad</b>			
21	¿Los accidentes laborales tienen un alto costo para la persona y para la empresa?	,575	,712
22	¿Considera que es importante integrar la prevención y las charlas de seguridad en la obra?	,415	,766
23	¿Todos los trabajadores tienen información sobre los riesgos y saben cómo prevenirlos?	,588	,707
24	¿Considera que un menor número de accidentes incide en la productividad laboral?	,519	,732
25	¿Los trabajadores cuentan con los equipos y protección adecuada para el desarrollo de su trabajo?	,597	,705
Alfa de Cronbach: $\alpha = 0,717$ La fiabilidad se considera como MUY ACEPTABLE =			



## Anexo 5

### Cartas balance

Ítem	Obrero 01	Obrero 02	Tiempo Promedio: (120min)	Obra:	Mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020
				Actividad:	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE
				Fecha:	15/06/2020
1	1	3	6		<b>Trabajo Productivo</b>
2	3	3	6	1	Perfilado con motoniveladora
3	3	3	6	2	Refinar con motoniveladora
4	1	3	6	3	Regado con cisterna de agua
5	1	3	6	4	Compactado con rodillo
6	1	3	6	5	
7	1	3	6	6	
8	1	3	6	7	
9	1	3	6		<b>Trabajo Contributorio</b>
10	1	4	6	1	Colocar señales de seguridad
11	4	4	6	2	Retiro de señales de seguridad
12	4	4	6	3	Charla de seguridad
13	2	2	6	4	Transportes de materiales
14	2	2	6	5	
15	2	4	6	6	
16	2	4	6	7	
17	2	4	6		<b>Trabajo No Contributorio</b>
18	2	4	6	1	Pasadas adicionales
19	2	4	6	2	Desplazamientos improductivos
20	3	4	6	3	Tiempo de espera de materiales
21				4	Tiempo de espera de liberación de área
22				5	
23				6	
24				7	

Ítem	Obrero 01	Obrero 02	Tiempo Promedio : (120min)	Obra:	Mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020
				Actividad :	SUBBASE Y BASE GRANULAR
				Fecha:	15/06/2020
1	1	3	6		<b>Trabajo Productivo</b>
2	1	3	6	1	Extender el material
3	1	1	6	2	Batido de material de base granular
4	2	4	6	3	Escarificado de material de base
5	2	4	6	4	Conformación de material de base
6	3	4	6	5	Humectación de material granular
7	3	4	6	6	Compactación de material granular
8	1	4	6	7	
9	1	4	6		<b>Trabajo Contributorio</b>
10	1	4	6	1	Marcación Topográfica
11	1	4	6	2	Zarandeo de material
12	1	1	6	3	Colocación de señales de seguridad
13	1	1	6	4	Transporte de material
14	2	1	6	5	
15	2	1	6	6	
16	2	1	6	7	
17	3	5	6		<b>Trabajo No Contributorio</b>
18	3	5	6	1	Desplazamientos inadecuados
19	3	5	6	2	Lectura de planos
20	3	5	6	3	Tiempo de espera por liberación de área
21				4	
22				5	
23				6	
24				7	

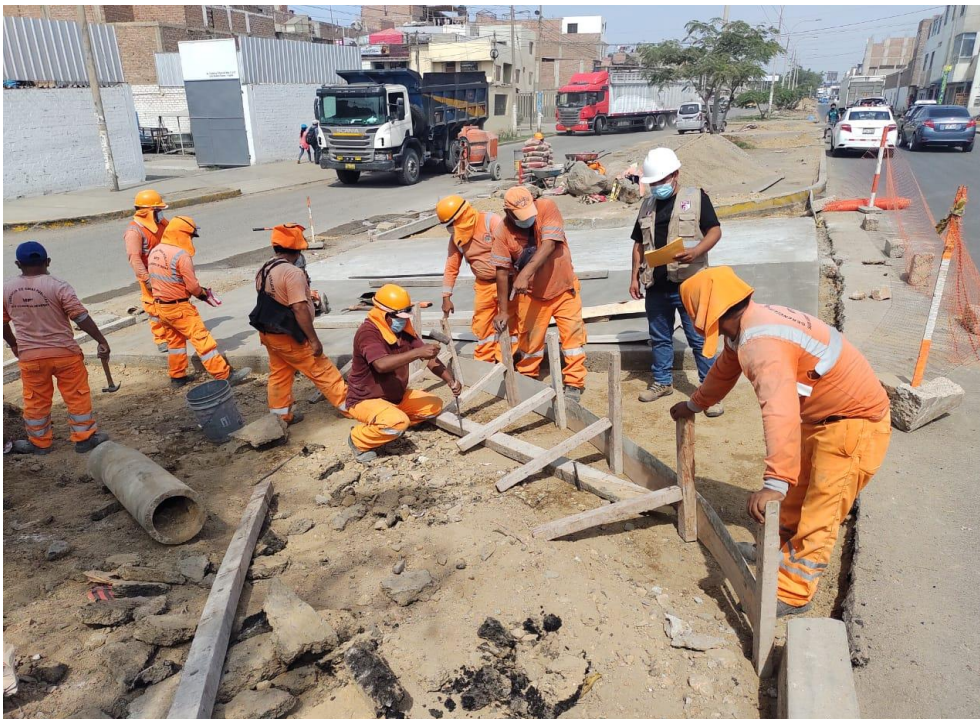
Item	Obrero 01	Obrero 02	Tiempo Promedio: (120min)	Obra:	Mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020	
				Actividad:		IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA
				Fecha:		
1	1	2	6		<b>Trabajo Productivo</b>	
2	1	2	6	1	Impermeabilizar la superficie	
3	1	2	6	2	Cerrar los espacios capilares	
4	1	2	6	3	Revertir y pegar sobre la superficie las partículas sueltas	
5	1	2	6	4	Endurecer la superficie	
6	2	2	6	5		
7	2	3	6	6		
8	2	3	6	7		
9	1	3	6		<b>Trabajo Contributorio</b>	
10	1	3	6	1	Mantenimiento del equipo	
11	1	3	6	2	Pruebas y controles de calidad	
12	1	3	6	3	Pasadas adicionales para la adherencia	
13	2	3	6	4	Preparación del material de imprimación	
14	2	3	6	5		
15	2	4	6	6		
16	2	4	6	7		
17	3	4	6		<b>Trabajo No Contributorio</b>	
18	3	4	6	1	Demora de llegada del equipo de imprimación	
19	3	2	6	2	Mala operación del operador	
20	3	2	6	3	Mal compactado de la subbase	
21				4		
22				5		
23				6		
24				7		

Item	Obrero 01	Obrero 02	Tiempo Promedio: (120min)	Obra:	Mejoramiento de la Av. Cesar Vallejo Tramo Av. José Eguren-Av. Federico Villareal, Trujillo, 2020
				Actividad:	CARPETA ASFÁLTICA
				Fecha:	15/06/2020
1	4	4	6		<b>Trabajo Productivo</b>
2	4	4	6	1	Colocación de mezcla asfáltica
3	1	4	6	2	Compactación de mezcla asfáltica
4	1	4	6	3	Pintado de marcas de pavimentación
5	1	2	6	4	
6	1	2	6	5	
7	1	2	6	6	
8	1	2	6	7	
9	1	2	6		<b>Trabajo Contributorio</b>
10	1	2	6	1	Preparación de mezcla asfáltica
11	1	2	6	2	Pasadas adicionales de compactación
12	1	2	6	3	Pruebas y controles de calidad
13	1	2	6	4	Control topográfico
14	1	2	6	5	
15	1	3	6	6	
16	1	3	6	7	
17	3	3	6		<b>Trabajo No Contributorio</b>
18	2	2	6	1	Espera de material asfáltica
19	2	3	6	2	Liberación de área
20	2	3	6	3	Distracción de trabajadores
21				4	No verificar el combustible en los equipos
22				5	
23				6	
24				7	

## ANEXO 6

### PANEL FOTOGRAFICO:

- Recolectando información para la Carta Balance





- Aplicando el cuestionario para medir la producción de textos

