

**APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION AL SECTOR DE LA
INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA**

JESUS BERNARDO VALENCIA RIVERA

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE EDUCACION PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS
BOGOTÁ D.C.
2018**

**APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION AL SECTOR DE LA
INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA**

JESUS BERNARDO VALENCIA RIVERA

**Monografía como opción de grado para optar al título de Especialista en
Gerencia de Empresas Constructoras**

**Asesora:
Natalia Muñoz Bolívar
Ingeniera Administradora**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE EDUCACION PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS
BOGOTÁ D.C.
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C., Octubre de 2018

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Gerencia de Empresas Constructoras

Dra. María Margarita Romero

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

AGRADECIMIENTOS

Doy mis agradecimientos principalmente a Dios por proveerme de las fuerzas y la motivación para completar este proceso y etapa en mi vida.

Expreso mis más sinceros agradecimientos a todas las personas, compañeros de estudio con los que curse la especialización y a todas las personas que de alguna manera colaboraron en la realización de la presente monografía.

Doy agradecimientos a mi familia por su valioso apoyo y colaboración para la realización de la presente especialización.

Quiero dar un agradecimiento a la universidad Fundación Universidad de América por la oportunidad de realizar la especialización y por las herramientas aportadas para la realización de la presente monografía, fue de gran valor este aporte. Así mismo agradezco a la asesora de la presente monografía Natalia Muñoz y a la doctora María Margarita Romero directora de la especialización en Gerencia de Empresas Constructoras por su valiosa colaboración y aportes

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	15
1. MARCO REFERENCIAL	16
1.1 MARCO HISTÓRICO	16
1.2 MARCO CONCEPTUAL	19
1.2.2 Herramientas del Lean Construction.	26
1.2.3 Sistema del Último Planificador – SUP (Last Planner).	27
1.2.4 Concepto Justo a Tiempo (JIT).	30
2. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	32
2.1 ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS EN COLOMBIA	32
2.2 FLUJOGRAMA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS EN COLOMBIA	36
2.3 VARIABLES QUE GENERAN PROBLEMAS DE PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA	37
2.3.1 Variable social.	37
2.3.2 Variable estructural.	37
2.3.3 Variable de producción.	38
3.1 IMPLEMENTACIÓN HISTÓRICA EN COLOMBIA	45
3.2 METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN	45
3.3 DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA O PROYECTO	47
3.4 ANALIZAR LA INFORMACIÓN RESULTANTE DEL DIAGNOSTICO	47
3.5 ESTABLECER PROCEDIMIENTO, PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	47
3.6 CAPACITACIÓN	48
3.7 TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN	48
3.8 IMPLEMENTACIÓN	48
4. CONCLUSIONES	58
5. RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60

LISTA DE GRAFICOS

	pág.
Grafico 1. Modelo de Producción Tradicional.	23
Grafico 2. Modelo de Producción Lean.	23
Grafico 3. Sistema Tradicional de Planificación.	27
Grafico 4. Sistema de Planificación Lean.	28
Grafico 5. Sistema de planificación Lean.	30
Grafico 6. Flujograma del proceso general para la construcción de vías en Colombia.	36

GLOSARIO

CAMACOL: sigla para identificar a la Cámara Colombiana de la Construcción. Siendo este el gremio representante del sector construcción en Colombia.

LAST PLANNER: sistema del último planificador, con la que se lleva el control detallado de las actividades a realizar en la semana.

CALIDAD: grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

EFICACIA: extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.

EFICIENCIA: relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

INFRAESTRUCTURA: sistema de instalaciones, equipos y servicios necesarios para el funcionamiento de una organización.

PROCESO: conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

PROCEDIMIENTO: forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso.

REPROCESO: acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos.

RESUMEN

La construcción en el sector de la infraestructura vial en Colombia se aun caracteriza por ser tradicionalista a la hora de ejecutar y controlar las actividades operativas y administrativas de los proyectos, es por esto, que las empresas constructoras de nuestro país presentan serias dificultades para la identificación de actividades que no agregan valor y que por el contrario generan reprocesos y pérdidas para las empresas en sus proyectos.

El sistema convencional de trabajo no permite identificar las posibles causas por las cuales se generan los problemas de eficiencia y eficacia en los procesos y por el contrario dificulta tomar acciones correctivas sobre los mismos, presentando problemas en el aumento de la productividad, afectaciones en la calidad lo cual traduciría en pérdidas económicas para las empresas y/o proyectos.

De acuerdo con lo anterior y después de realizar diferentes búsquedas se evidenció 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.

Con el presente documento se pretende plantear la herramienta para aplicar la filosofía en la construcción para proyectos de infraestructura vial en Colombia.

Palabras claves: Gestión de proyectos, Planificación estratégica, sector infraestructura

SUMMARY

The construction in the sector of road infrastructure in Colombia is still characterized by being traditionalist when executing and controlling the operational and administrative activities of the projects, this is why the construction companies of our country present serious difficulties for the identification of activities that do not add value and that on the contrary generate reprocesses and losses for companies in their projects.

The conventional work system does not allow to identify the possible causes by which the problems of efficiency and effectiveness in the processes are generated and on the contrary, it is difficult to take corrective actions on them, presenting problems in the increase of the productivity, affectations in the quality which would translate into economic losses for companies and / or projects.

In accordance with the above and after conducting different searches, it was evident that one of the causes that most generates losses in the road infrastructure sector in Colombia are the delays in the construction processes, which leads to better planning of the tasks and activities of the processes established by the companies.

The Lean Construction philosophy is based on the administration of production in construction and its main objective is to reduce or eliminate activities that do not add value to projects and to propose a production system that minimizes waste or waste in the buildings. Projects.

With this document, we intend to propose the tool to apply the philosophy in construction for road infrastructure projects in Colombia.

Keywords: Project management, Strategic planning, infrastructure sector

INTRODUCCIÓN

Esta investigación de carácter descriptiva nace de la motivación de indagar y profundizar por la profesión en el sector de infraestructura vial, reconociendo así posibles herramientas y sistemas de gestión que permitan mejorar la actuación profesional y la productividad empresarial en proyectos de infraestructura vial en Colombia. Se encuentra enmarcada en la línea de investigación de las estrategias y modelos para el mejoramiento de la gestión empresarial.

Para esta indagación, la infraestructura vial es reconocida como un sector que incide vitalmente en el desarrollo de un país y sus regiones; se concibe como motor de desarrollo y competitividad, en tanto que, al mejorar las condiciones de movilidad, se reactiva la economía en las regiones, posibilitando el desarrollo de determinados sectores productivos (industria, comercio, agricultura) y generando oportunidades de desarrollo.

La intencionalidad central de este proceso investigativo fue la de caracterizar y reconocer la herramienta Lean Construction como una de las posibilidades de la Ingeniería Civil y su sector de la construcción en la infraestructura vial, para mejorar la productividad y hacerla más competitiva en los proyectos de infraestructura vial en Colombia.

El informe de monografía está dividido en cinco capítulos: el primer capítulo obedece a la teoría, concepto, técnicas, estrategias y herramientas que el sistema Lean Construcción tiene en su filosofía y que se pueden aplicar en los proyectos de infraestructura vial en el país; el segundo capítulo contiene el proceso de construcción de vías en Colombia y la aplicabilidad de la filosofía Lean Construction al sector de infraestructura vial; el tercer y cuarto capítulo da cuenta de las variables que generan problemas de productividad en el proceso de construcción de vías y los factores que permiten la implementación del sistema Lean Construction en la infraestructura vial y finalmente, en el capítulo cinco se plantea la generación de una herramienta que facilite la implementación de la filosofía Lean Construction en los proyectos de infraestructura vial en Colombia.

El trabajo finaliza con las conclusiones generales de los resultados del proceso investigativo y las recomendaciones para la profesión de Ingeniería Civil.

A partir del abordaje de la presente investigación, se podrán encontrar las características del sistema Lean Construction y las ventajas de aplicarlo como modelo administrativo en los proyectos de infraestructura vial, convirtiéndose así en una excelente alternativa para la ejecución de proyectos viales.

OBJETIVOS

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.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Conocer la filosofía Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) dentro del marco teórico, su historia, conceptos y evolución.
- ✓ Describir el proceso general de construcción de vías en Colombia y generar un flujograma del proceso.
- ✓ Identificar las diferentes variables que generan problemas de productividad en la construcción de vías en Colombia.
- ✓ Identificar factores para la implementación de la filosofía Lean Construction en el sector de infraestructura vial en Colombia.
- ✓ Describir los pasos para la implementación de la Filosofía Lean Construction al sector de infraestructura vial en Colombia.

1. MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo se describirá la historia del nacimiento de la filosofía Lean Construction, sus principales autores, conceptos y herramientas que dispone para poder implementar en las empresas del sector de la construcción.

A través del reconocimiento histórico de la filosofía Lean Construction y su evolución, se podrá comprender de una mejor manera su propósito al ser aplicada e implementada en las empresas del sector de la construcción, entender la filosofía y sus características.

De lo anterior, se describirá el marco histórico, la evolución desde su nacimiento, sus principios y principales autores el concepto de la filosofía Lean Construction.

1.1 MARCO HISTÓRICO

“El concepto Lean nace en Japón tras las investigaciones realizadas por ingenieros de la compañía Toyota Motors con el fin de mejorar la línea de producción eliminando residuos y mejorando los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes”¹.

La metodología Lean contribuye a mejorar la calidad de los productos producidos por las empresas; desde su nacimiento en Japón, se han creado diferentes postulaciones sobre la administración de proyectos desde su planificación hasta la producción final.

De acuerdo con lo anterior, y gracias a las metodologías japonesas en combinación con la globalización, los beneficiarios de la implementación eficiente de estas herramientas son los clientes finales, quienes obtienen productos que satisfacen las necesidades para los cuales fueron adquiridos.

“La filosofía Lean Construction, se basa fundamentalmente en el concepto de Lean Production que tiene sus orígenes en el sistema de producción desarrollado por Toyota Motors después de la segunda guerra mundial. Este sistema de producción está orientado fundamentalmente a eliminar pérdidas en los procesos productivos, entendiéndose como pérdida en general todo aquello que no genera valor al producto final”².

¹ PORRAS DIAZ, Hernán; SANCHEZ RIVERA, Omar Giovanni y GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: AVANCES Investigación en ingeniería. Vol., 11. No 1 2014 p. 34.

² BOTERO BOTERO, Luis Fernando; ALVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. En: Revista Universidad Eafit. Abril-Junio. no 130 2003 p.66

Como lo ha mostrado la historia a través de sus grandes batallas y guerras, los grandes avances de la humanidad vienen después de estas grandes crisis y en las últimas décadas las nuevas herramientas productivas como la tecnología, mano de obra calificada, procesos industriales sistematizados, entre otros ha presentado nuevos y grandes avances para beneficiar a los consumidores y a la población en general. Varias de las nuevas metodologías de mejora de procesos están enmarcadas en SIX SIGMA y filosofías Lean, las cuales se pueden describir de la siguiente forma: SIX SIGMA (eliminar la variabilidad de los procesos) y filosofías Lean (limpiar los procesos) es decir con ayuda de las 7 mudas de producción eliminar los desperdicios que son: tiempo, sobreproducción, transporte innecesario, reprocesos, inventario, defectos, movimientos, a través de las cuales se analiza el proceso productivo para reducir de manera efectiva estos tipos de despilfarros.

En 1992 Lauri Koskela da sus inicios en la implementación de la filosofía Lean Construction en el sector de la construcción, lo que se ve reflejado en su trabajo Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción, producido en el grupo de investigación CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) de la Universidad de Stanford, grupo encargado de investigaciones en las áreas de Arquitectura, Ingeniería y Construcción, en el cual sostuvo que la producción debía ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de materiales y a través de las actividades de conversión se mejoraría la eficiencia en los proyectos de construcción..

Más adelante se une a Lauri Koskela otro investigador llamado Glenn Ballard con quien conformo el Grupo Internacional de Lean Construction, surgido durante la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en 1993 en Helsinki- Finlandia, donde se decide usar, por primera vez, la expresión “Lean Construction” para referirse a la implementación de la nueva filosofía de producción en el sector constructivo.

Aunque los principios en que se sustenta la filosofía “Lean”, como la mejora de los modelos de ejecución de proyectos constructivos, la maximización del valor para el cliente y reducción al mínimo las pérdidas, eran conocidos, fue Lauri Koskela quien los formuló, en el 2000, después de diez años de investigación; luego, en el 2001 Glenn Ballard los mejoró.

Lean Construction surge como consecuencia de la búsqueda de un mejoramiento progresivo de los procesos concernientes a la industria de la construcción desde el punto de vista global del desarrollo de proyectos, cuyos métodos aplicados en la construcción buscan la optimización de recursos, costos y tiempos teniendo como base conceptual la teoría de la producción lean.

Así pues, Lean Construction es la adaptación y aplicación de los principios de producción de la fabricación japonesa del sector automotriz a la construcción, en la cual se asume que esta es un tipo de producción especial³.

Las empresas del sector de la infraestructura vial en Colombia pueden incorporar a sus modelos administrativos la filosofía Lean Construction (Construcción sin

³ PORRAS DIAZ., Op Cit; p. 35.

Pérdidas) al enfocarse en los procesos constructivos reduciendo e identificando los incidentes y accidentes, evitando daños a equipos, daños en instalaciones y daños al entorno involucrando a las comunidades del entorno que hacen parte de los interesados en los proyectos que se desarrollen en sus regiones, cuidando los costos y presupuestos de los proyectos. A lo anterior se suma el eliminar o reducir de manera significativa las pérdidas por actividades que no generan valor e incrementar el valor de los proyectos.

A nivel mundial, se han creado diferentes herramientas administrativas que las empresas implementan como lo son PMI, sistemas de calidad total, metodología Justo a Tiempo, etc., las cuales han contribuido al desarrollo de los proyectos en busca de mejorar sus procesos e incrementar el valor de los proyectos.

En la actualidad, los países de Latinoamérica que muestran más avances en el uso y estudio de Lean Construction son Brasil, Chile, Perú y Colombia; en este último ha sido estudiado en el sector privado mientras en las universidades del país no se muestran muchos avances sobre el tema. Las investigaciones sobre el Lean Construction las inician en el año 2002 Camacol y el arquitecto Luis Fernando Botero Botero, profesor de la universidad Eafit e integrante del grupo Gescón (Gestión de la Construcción) de la misma universidad, quien ha publicado algunos artículos en la revista Ciencia y Tecnología y dos libros sobre el tema. A esto, se suman estudios realizados por estudiantes de ingeniería civil en algunas empresas Bogotanas dedicadas a proyectos de edificaciones, como requisito para obtener su título, y las capacitaciones en el uso de Lean Construction que ha hecho Camacol en convenio con la universidad Eafit, dirigidas al personal de empresas constructoras como Triada, Urbansa, Arpro, Arrecife y Construmax, gracias a las cuales se han obtenido mejoras en los tiempos de entrega de las obras y reducción de los costos⁴.

Para una mejor comprensión de la producción en la construcción, se muestra la tabla No.1 en donde se identifican las diferencias entre la producción convencional y la producción sin pérdidas.

Cuadro 1. La producción convencional y la producción sin pérdidas

	Producción convencional	Producción sin perdidas
Objeto	Afecta productos y servicios	Afecta todas las actividades de la empresa
Alcance	Control	Gestión, asesoramiento, control
Modo de aplicación	Impuestas por la dirección	Por convencimiento y participación

⁴ ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando; PELLICER ARMIÑANA, Eugenio. Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. En: Revista de Obras Públicas. No 3.496 Febrero 2009.

Cuadro 1. (Continuación)

Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Responsabilidad	Departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
Clientes	Ajenos a la empresa	Internos y externos
Conceptualización de la producción	La producción consistente de conversiones (actividades), todas las actividades añaden valor al producto que no agregan valor al producto.	La producción consistente de conversiones y flujos, hay actividades que agregan valor y actividades.
Control	Coste de las actividades	Dirigido hacia el coste, tiempo y valor de los flujos
Mejora	Implementación de nuevas tecnologías	Reducción de las tareas de flujo y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología.

Fuente. ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando; PELLICER ARMIÑANA, Eugenio. Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. En: Revista de Obras Públicas. [Sitio web]. No 3.496 febrero 2009.p.46. [Consultado 15, Junio, 2018]. Disponible en:http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2009/2009_febrero_3496_03.pdf

De la tabla anterior, los autores Luis Fernando Alarcón y Eugenio Pellcer quieren dar a entender las diferencias principales entre la producción convencional y la producción según la filosofía Lean construction (Construcción sin Perdidas) desde diferentes aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de desarrollar un proyecto de construcción.

En la tabla se evidencia la importancia que le da la filosofía Lean Construction a la eliminación de actividades que no generan valor en la ejecución de los proyectos de construcción.

1.2 MARCO CONCEPTUAL

La filosofía Lean Construction se fundamenta en la productividad en la construcción.

La productividad es una relación entre la producción y los recursos con que se obtiene esta producción. Sin embargo, la productividad involucra la eficiencia y la eficacia desde el punto de vista de la calidad, es decir que no se puede concebir un proyecto sin el acompañamiento de la calidad en todas las áreas del proyecto y la empresa.

En la construcción existen diferentes clases de productividad de acuerdo con el tipo de recurso utilizado, así:

- ✓ Productividad de los materiales.
- ✓ Productividad de la mano de obra.
- ✓ Productividad de la maquinaria y/o equipos.

Los cuales al interactuar representan la productividad de la construcción⁵.

A continuación, se referencia el concepto de Lean Construction y demás conceptos relacionados a tener en cuenta para la implementación de la metodología en el sector de construcción de infraestructura vial

1.2.1 LEAN Construcción.

Lean Construction es un modelo propuesto en donde basándose en los principios de Justo a Tiempo y Control Total de la Calidad busca mejorar la productividad en el sector de la Construcción.

En la producción Lean, es fundamental la coordinación entre la línea de producción y las cadenas de suministro (proveedores) para entregar el producto en el momento justo, cumpliendo los requerimientos del cliente y sin inventario.

Para el proceso constructivo, la reducción de los tiempos y movimientos 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 agregaran valor a tal fase. Basados en estos principios teóricos los investigadores Glenn Ballard y Greg Howell idearon una herramienta denominada Last Planner o como se conoce actualmente en Latinoamérica Sistema del Ultimo Planificador 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 serán hechas se desarrollan sin saber realmente si las pueden hacer realidad en obra. Lo que hace el Last Planner es considerar el conjunto de actividades que realmente pueden hacerse de una manera más específica para controlar más de cerca los impedimentos que eviten la ejecución de estas en obra, de esta forma la probabilidad de que las actividades programadas se lleven a cabo es muy alta y como consecuencia la incertidumbre de no poderlas hacer disminuye y se evitan retrasos en la realización de los trabajos en obra.

Los principios generales Lean son:

- ✓ Especificar claramente el concepto de valor desde la perspectiva del cliente.
- ✓ Identificar claramente la cadena de valor y eliminar todos los pasos que no agregan valor al producto.
- ✓ Lograr que los pasos que generan valor ocurran sin interrupciones mediante una eficiente gestión entre las interfaces de los diferentes pasos.

⁵ SERPELL B, Alfredo. Administración de operaciones de construcción. 2 ed. Chile: Alfaomega; 2002. p. 96

- ✓ Permitir que el cliente extraiga valor del equipo de proyectos.
- ✓ Buscar de manera continua la perfección (eliminar constantemente las pérdidas)⁶.

Para la gestión de proyectos, Lean Construction es una herramienta que involucra estas teorías administrativas enfocándose a la reducción de pérdidas considerando todas las variables que puedan afectar el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, estas variables son los proveedores, contratistas, personal directo e indirecto, condiciones climáticas, ambientes de trabajo, en donde estas pueden llevar a pérdidas generadas por malas planificaciones o falta de las mismas en los proyectos, por no considerar muchos procesos que pueden incrementar el valor de los mismos. Esto enfocado al sector de la infraestructura vial en Colombia puede mejorar la calidad de los proyectos viales siendo más eficientes al momento de ejecutar los proyectos y volviendo las empresas más competitivas a nivel mundial.

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en 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 aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva.

Lean Construction “es un nuevo pensamiento en gestión de proyectos de construcción que desafía a la guía de gestión actual del *Project Management Institute* PMBOK, con un alto auge en los Estados Unidos. De ahí que Lean Construction no deba 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”⁷.

Lean Construction aplicado a las empresas colombianas exige un cambio cultural desde lo más alto de la escala jerárquica hasta el nivel operativo de la empresa. La filosofía Lean Construction es una herramienta que aplicada con compromiso gerencial y liderazgo arroja los resultados esperados en términos de productividad, rentabilidad y posteriormente competitividad. Es por ello, que, este pensamiento de gestión de proyectos requiere de una planificación comprometida, alcanzable y

⁶ MARTINEZ RIBON, Jhonattan Guillermo Tercero. Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción. Bogotá, 2011, p.91 Trabajo de grado (Magíster en Administración). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Administración y Contaduría.

⁷ ALARCÓN, Op.Cit, p.46

orientada a los resultados teniendo en cuenta siempre al personal como activo más importante de la empresa.

“Los principios básicos y las herramientas utilizadas por el sistema de producción sin pérdidas se han adaptado progresivamente para acomodarse a los requerimientos de gestión en la industria de la construcción, lo que generalmente se denomina lean construction “⁷.

Considerando que la filosofía Lean Construction se centra en las actividades que agregan o le restan valor al proyecto. Para esto Lean Construction a través de sus herramientas identifica estas actividades unas de otras a manera de cadena de valor. Un ejemplo en el sector vial es en vías en pavimento rígido, en el cual el vaciado del concreto es la actividad que genera mayor valor al proceso, pero el tiempo requerido o retardo para el mezclado y transporte le resta valor al proceso. Otro ejemplo se da en las vías en pavimento flexible, en donde intervienen factores como la producción de la mezcla asfáltica, el transporte de la misma y los tiempos de instalación de acuerdo a las temperaturas determinadas en los diseños son factores que restan valor al proceso de construcción de las vías.

El objetivo de la filosofía Lean Construction, es optimizar las actividades que no generan valor para disminuir los costos, generando eficiencia para cumplir con los tiempos acordados antes de los tiempos límites de entrega.

“Lean Construction clasifica los residuos de construcción en siete (7) categorías:

- ✓ Defectos
- ✓ Demoras
- ✓ Excesos de procesado
- ✓ Exceso de producción
- ✓ Inventarios Excesivos
- ✓ Transporte Innecesario
- ✓ Movimiento no Útil de Personas”⁸.

Categorías que 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 lograr obtener el producto.

⁸ PORRAS, Op.Cit, p.37

La propuesta del concepto de producción de la filosofía “Lean” es verla como una transformación de materiales, un flujo de recursos y una generación de valor, por ejemplo, en la hechura de un muro, los ladrillos pegados con mortero se transforman en metros cuadrados de muro; el flujo es la puesta de los recursos y materiales para elaborar el muro, y el valor, es la cantidad de metros cuadrados de muro que se logran en un determinado tiempo.

El objetivo de la filosofía Lean Construction es optimizar en el proceso constructivo las transformaciones al reducir los movimientos de los materiales de obra a los lugares de trabajos de la misma incrementando el valor en los resultados de los productos finales en la salida del proceso. Por otro lado, el método tradicional de construcción de proyectos se enfoca en las actividades de conversión y no se preocupa por el movimiento de los recursos de las obras que pueden ayudar e incrementar el valor de los proyectos. En la Figura 1 se ve el modelo de producción tradicional, que difiere del modelo Lean Construction transformación-flujo-valor (TFV), que se ilustra en la siguiente imagen.

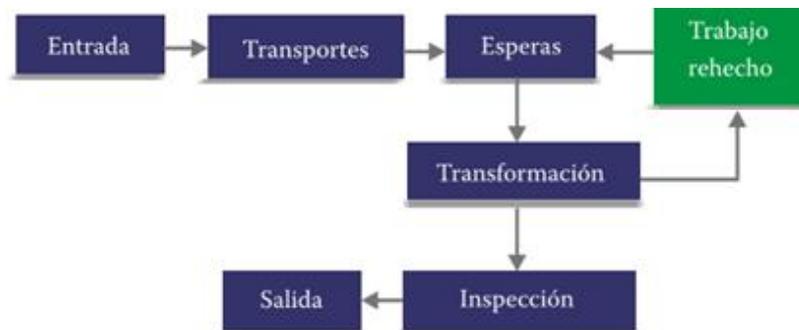
Grafico 1. Modelo de Producción Tradicional.



Fuente. Lean Construction en el Perú, Pablo Orihuela

En esta figura se explica lo sencillo del modelo de transformación convencional, en donde se evidencian las entradas que aplican igualmente para una vía, en donde la transformación son los rellenos y construcción de estructuras de la vía para finalmente obtener la vía terminada como producto final.

Grafico 2. Modelo de Producción Lean.



Fuente. Productividad en la Construcción de un Condominio Aplicando Conceptos de la Filosofía Lean Construction.

Al revisar el proceso de transformación que se propone con la filosofía Lean Construction, las entradas son las mismas, sin embargo, se hace mayor referencia en los procesos de tipo logístico, al cual se le pueden llamar actividades contributivas, las cuales ayudan a la construcción de la infraestructura vial. Así mismo, en el gráfico se detallan las restricciones o los tiempos empleados en esperas que pueden ser generadas por los proveedores de los materiales. Como se aprecia, a diferencia del proceso de transformación convencional, el sistema Lean Construction contempla las actividades de apoyo y los posibles tiempos requeridos para iniciar la transformación, la cual se debe inspeccionar con el fin de tener un producto terminado sin inducir a reprocesos por reparaciones o mejoras.

Al revisar los modelos de producción, se aprecia que con la filosofía Lean Construction se puede tener un mayor volumen de información al profundizar y detallar en los procesos, lo que ayuda en la toma de decisiones que ayuden a tener proyectos más eficientes.

Al involucrar los procesos se debe tener dominio en los temas de cada uno con el fin de minimizar la mayoría de los riesgos en los que se puedan ver afectados.

De todo esto, lo que se busca es llegar a una óptima planificación y excelente control de los procesos que sirvan de apoyo al momento de tomar las mejores decisiones para el proyecto en cada una de sus etapas.

Una de las maneras más efectivas para aumentar la eficiencia en la construcción es mejorando el proceso de planificación y control. En la filosofía LC la planificación y el control son procesos complementarios y dinámicos, en donde la planificación define los criterios y crea las estrategias necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto, y el control se asegura que cada evento se producirá después de la secuencia prevista, es por ello, que en la planificación la filosofía Lean Construction propone el Sistema del Último Planificador (SUP) o Last Planner System (LPS), una de las herramientas más útiles en la aplicación de Lean Construction⁹.

De acuerdo con lo anterior la Planeación Estratégica es una herramienta que también aporta para la implementación de la filosofía Lean Construction. Cuando el liderazgo y compromiso gerencial hace parte de una empresa, la eficiencia en sus procesos es un resultado de ello. Como consecuencia de la Planeación estratégica podemos encontrar la planificación y control de los procesos la cual realizada correctamente ayuda a trazar objetivos claros y alcanzables en los procesos y también ayuda a identificar los desperdicios generados en la fase de constructiva de los proyectos. Toda esta información se puede controlar en diferentes etapas con el apoyo de un software especializado que colabore con el Sistema del Último Planificador (SUP) o Last Planner System (LPS).

Para la implementación de Lean Construction en los proyectos es necesario iniciar con el compromiso de tener una cultura de mejora continua de la

⁹ PORRAS, Op.Cit, p. 40

producción para que al aplicar los principios “Lean” correctamente mejoren la seguridad, la calidad y la eficiencia del proyecto. Es decir, para que Lean Construction funcione se deben aplicar sus principios en forma concreta a las actividades del proyecto. El fundador de la filosofía Lean Construction Lauri Koskela propone once principios:

1. Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor.
Consiste en identificar las tareas y actividades que no aportan valor a los procesos establecidos en el mapa de procesos de la organización o del proyecto. Esto se hace realizando un levantamiento de información en cada proceso.
2. Incremento del valor del producto.
Para llevar a cabo un incremento en el valor del producto se debe garantizar la calidad desde el suministro de material e insumos hasta la entrega del producto final, pasando por el transporte almacenamiento y transformación de la materia prima con mano de obra calificada realizando puntos de inspección en elementos clave de la construcción.
3. Reducción de la variabilidad.
Variabilidad significa que las actividades internas del proceso se encuentran variables es decir que no presentan una estandarización por lo cual presentan fallas. Para realizar la reducción de la variabilidad la mejor manera es tener un pensamiento estadístico, que permite identificar la descentralización en los procesos clave de la empresa o proyecto, y de esta manera implementar una metodología SIX SIGMA según sea el caso.
4. Reducción del tiempo del ciclo.
Este principio hace mención a identificar la ruta crítica en cada una de las actividades que conforman un proceso para garantizar la eficiencia del mismo.
5. Simplificación de proceso.
De acuerdo con un diagrama de bloques o flujograma se puede simplificar los procesos que consiste en retirar (si existen) recorridos u operaciones innecesarias en el proceso.
6. Incremento de la flexibilidad de la producción.
En la medida en que se logre una división del trabajo que maximice la producción, consecuencia de una buena disponibilidad de trabajadores y de máquinas, la empresa es más flexible.
7. Transparencia del proceso.
Este principio consiste en la implementación de estrategias de divulgación de cronogramas de obra, planos y especificaciones, actividades principales y actores del proyecto entre otras, al personal de obra con el fin de disminuir la ocurrencia de error por falta de información o direccionamiento estratégico, incrementar la motivación para proponer mejoras y aumentar la visibilidad de errores. Esta técnica es extensible a la socialización que se debe hacer con la comunidad con el fin de hacer un acercamiento y receptividad entre la obra y la comunidad involucrada.
8. Enfoque del control al proceso completo.
Este principio establece que dentro del proyecto debe definirse una unidad jerárquica a través de la cual se canalicen todos los requerimientos del cliente de

los diferentes frentes de trabajo con el fin de unificarlas, organizarlas y analizarlas para crear los controles a tener en cuenta durante la ejecución.

9. Mejoramiento continuo del proceso.

Para garantizar la mejora continua en el proceso es importante identificar que todas las tareas, actividades y procesos están sujetos a la mejora continua, y la metodología que asegura este principio es realizar todo lo relacionado a la empresa o proyecto bajo el ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar).

10. Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión.

En construcción de obras de flujo es considerado como el tiempo de espera y transporte de materiales que se presenten dentro de la misma, mientras que las conversiones corresponden a las transformaciones de los materiales para generar un producto a lo largo de la cadena de producción o ejecución de la obra. De acuerdo con lo anterior se puede concluir que mediante la implementación de esta técnica se propone realizar una mejora continua con el fin de optimizar los procesos de obra mediante la eliminación de flujos que no generen valor y armonizarlos con la conversión del producto para que funciones como un todo

11. Referenciación.

Esta técnica propone el estudio y el conocimiento de los procesos y subprocesos de la organización con el fin de identificar fortalezas y debilidades compararlas con los mejores competidores del sector. Una vez se realice este análisis se procede a copiar, modificar o incorporar en los procesos internos de la empresa las mejores prácticas de los competidores.

Estos principios “Lean” solo son posibles de aplicar plena y eficazmente en la industria de la construcción si el interesado en aplicarlos se centra en la mejora de todo el proceso de gestión del proyecto, en la integración de los interesados en el proyecto para concebir el nuevo enfoque de producción que proponen los principios de Lean Construction¹⁰.

Para aplicar la filosofía Lean Construction en las empresas de la construcción se debe tener claro a donde se quiere llegar, es decir, la empresa debe tener en cada proyecto una hoja de ruta a seguir para poder ver los resultados al final del ejercicio. Debe de haber un compromiso desde la gerencia y juntas directivas de las compañías que adopten esta filosofía e incluirla en sus políticas de calidad, involucrando a clientes, proveedores y todos los interesados que de alguna manera hacen parte de los proyectos.

1.2.2 Herramientas del Lean Construction. La filosofía Lean Construction está abierta a la generación de herramientas que ayuden a la mejora continua de la productividad de las empresas en cada uno de sus proyectos.

Uno de los objetivos de la filosofía Lean Construction es despertar en las compañías la capacidad para la generación de herramientas para cada tipo de proyecto, considerando sus necesidades y objetivos siempre garantizando una mejora continua en la productividad obteniendo mejores resultados y aumentando el valor

¹⁰ PORRAS DÍAZ, Op.Cit, p. 38

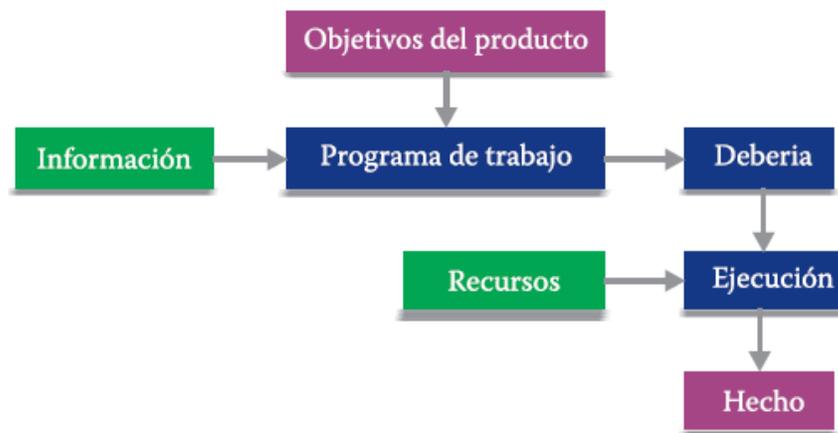
de los proyectos y las empresas que lo adopten, esto es el objetivo principal de la filosofía Lean Construction.

Sin embargo, se han creado una serie de herramientas que pueden servir como base para el logro de los objetivos establecidos por cada empresa en sus proyectos, las cuales se mencionan a continuación:

1.2.3 Sistema del Último Planificador – SUP (Last Planner). En Colombia, la planificación aún se plantea de manera general, es decir se realiza una planificación del proyecto según actividades o hitos sin involucrar variables de productividad. Aún se planifican los proyectos con las actividades que deben hacerse sin considerar si se cuenta con los recursos, la experiencia o capacidad para ejecutar estas actividades.

Al hablar de los recursos requeridos para las actividades involucradas en la planificación no solo se mencionan los equipos o personal operativo, se requiere del conocimiento y experiencia para realizar estas actividades con el fin de reducir la incertidumbre que se pueda generar por el desconocimiento de las actividades.

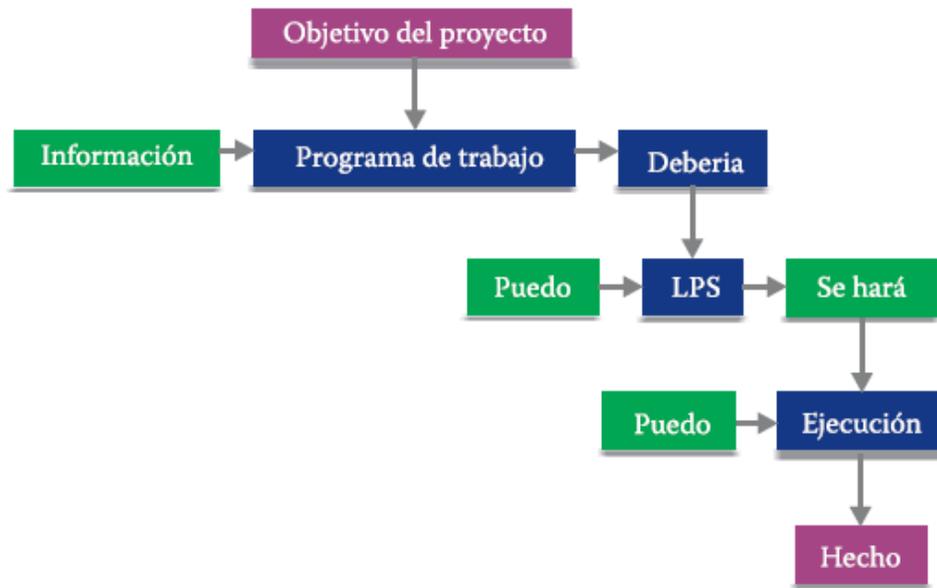
Grafico 3. Sistema Tradicional de Planificación.



Fuente. KOSKELA Lauri .Application of The New Production Philosophy to Construction. Finland: CIFE Technical Report no 72 september 1992

La anterior gráfica describe el sistema tradicional de planificación en la cual no garantiza un fin exitoso por falta de herramientas de seguimiento, control y mejora continua del proceso.

Grafico 4. Sistema de Planificación Lean.



Fuente. KOSKELA Lauri .Application of The New Production Philosophy to Construction. Finland: CIFE Technical Report no 72 september 1992

La anterior gráfica describe la manera más eficiente de formar planes de trabajo frecuentes con el fin de mejorar el flujo de trabajo del personal operativo y administrativo.

Al comparar la metodología tradicional con la metodología del sistema de Último Planificador-SUP, este último lleva a la generación de programas de trabajo semanales a través de la generación de tareas desde el nivel operativo integrando todas las partes o áreas de la empresa y sus proyectos.

El Sistema del Último Planificador fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell en el marco de los objetivos de la filosofía Lean Construction como un sistema de planificación y control de la producción para mejorar la variabilidad en las obras de construcción y reducir la incertidumbre en las actividades programadas en los proyectos de las empresas. Este sistema de planificación genera un alto grado de fiabilidad y mejora la estabilidad de los proyectos.

El SUP, se desarrolló como un sistema de planificación de la producción y está diseñado para generar un flujo de trabajo predecible y rápido en la programación, diseño, construcción y puesta en marcha de los proyectos al ser aplicado en todas las etapas de los mismos¹¹.

¹¹ PORRAS, Op.Cit, p.38

La estructura del Sistema del Último Planificador se muestra en la Figura 3, el cual se desarrolla en tres niveles distintos de planificación, desde lo más general hasta lo más específico planteando así un modelo de planificación en cascada que se basa en el principio del trabajo sistemático, donde la planificación se realiza en el nivel más bajo de jerarquía de planificadores es decir la última persona o grupo que tiene ver con la supervisión de los trabajos en obra (el último planificador).

Con el Sistema del Último Planificador, se pretende asegurar que todos los requisitos previos necesarios para realizar un trabajo estén en su lugar antes de asignar las cuadrillas de trabajo a las actividades.

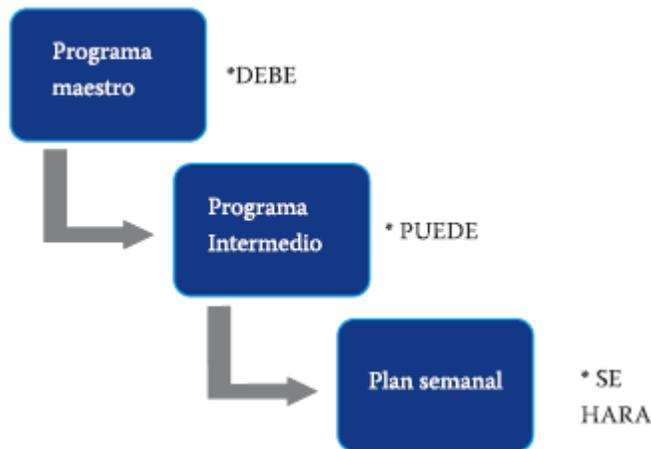
Según Ballard todas las tareas tienen tres categorías:

- ✓ Deben
- ✓ Pueden
- ✓ Se harán.

Estás reflejan cada nivel de planificación de la siguiente manera:

- ✓ El programa maestro indica qué se debe realizar.
- ✓ El programa intermedio prepara el trabajo y realiza la revisión de las restricciones.
- ✓ El plan semanal, programa una serie de actividades que pueden ejecutarse comprometiendo a los agentes o personal directamente involucrado en la actividad al cumplimiento del programa.

Grafico 5. Sistema de planificación Lean.



Fuente. Last Planner, Un Avance en la Planificación y Control de Proyectos de Construcción: Estudio caso de la ciudad de Medellín, Botero, L. F. y Álvarez, M.E.

La anterior grafica describe el sistema de planificación Lean que establece la escala jerárquica para la programación de tareas y actividades para la ejecución de obra a través de lo que se debe, se puede y se hace en relación con la planificación.

1.2.4 Concepto Justo a Tiempo (JIT). Al hablar sobre la metodología Justo a Tiempo (JIT), se entiende como la filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción, fue creado por Toyota Motors 1976 como la técnica especializada para la toma de decisiones y planeación.

El punto de partida de la nueva filosofía de producción fue en la ingeniería industrial. La idea radicaba en la eliminación de inventarios, esto a su vez les dio paso a otras técnicas forzadas por la disminución del inventario, entre las cuales se tienen: reducción de los lotes de producción, alianzas estratégicas con los proveedores y reducción del tiempo de inicio. Adicionalmente, se introdujo la producción tipo pull (jalar), en la que la producción se inicia con base en la demanda actual y no con base en planes estadísticos.

El concepto de desperdicio (pérdida) es la piedra angular del Justo a Tiempo. Las siguientes pérdidas o desperdicios en los procesos productivos fueron descubiertos por Shingo (1984): sobreproducción, esperas, transportes, exceso de maquinaria, inventarios, movimientos, partes y productos defectuosos.

La eliminación de las pérdidas a través del mejoramiento continuo de los procesos, las operaciones y la tecnología es otro principio fundamental del Justo a Tiempo.

1.2.5 Control total de la calidad. Es una estrategia para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad, buscando la satisfacción continua de los clientes externos e internos mediante el desarrollo de la calidad del producto y servicios.

El punto de partida para el control de la calidad se basó en la inspección de las materias primas y los productos mediante métodos estadísticos. La calidad ha evolucionado de la inspección al control de los procesos, del control de los procesos al mejoramiento continuo de los mismos, y finalmente a diseñar la calidad en el producto y los procesos de producción¹².

¹² MARTINEZ RIBON, Op.Cit, p.91

2. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Lauri Koskela, fundador de la metodología Lean Construction (Construcción sin pérdidas) y la Cámara Colombiana de la Construcción regional Bogotá y Cundinamarca) reconocieron durante el evento de Expoconstrucción & Expodiseño de 2015 a 18 empresas colombianas, líderes en el país en la implantación del modelo Lean Construction en sus proyectos constructivos para el sector únicamente de vivienda.

Apiros, Amarilo, Arpro Arquitectos Ingenieros, Bioconstrucciones de Colombia, Construcciones Arrecife, Constructora Bolívar, Constructora Capital Bogotá, Corac Construcciones, Cusezar, Desarrolladora de Zonas Francas, Grecon Ingenieros, IC Constructora, Ingeurbe, Marval, Organización Construmax, Proksol, Prodesa, Triada y Urbanizadora Santafé de Bogotá Urbansa¹³.

De acuerdo con lo anterior, y con el fin de resaltar la necesidad de la implementación de nuevas herramientas que ayuden a mejorar la construcción de las vías en Colombia y agregar o incrementar el valor de los proyectos para las empresas, se debe realizar un análisis de lo que se está haciendo y si se hace bien, es decir, ¿si se consideran realmente todas las variables que se necesitan para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial en Colombia?, se pueden mejorar los procesos que se llevan actualmente en la ejecución de los proyectos?.

Para verificar lo anterior, en el presente capítulo se realizará una descripción de manera general sobre como es el proceso constructivo de las vías en Colombia.

2.1 ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS EN COLOMBIA

Cada país en su entorno está regido por una serie de normas técnicas de construcción según las características del entorno, condiciones climáticas, geografía y otros aspectos que hacen necesaria una serie de exigencias diferentes en cada país.

En Colombia la construcción de vías está definida según su ubicación, si son vías urbanas requieren una connotación diferente a las vías rurales, sin embargo, todas están regidas por las normas técnicas de construcción de carreteras generadas por el Instituto Nacional de Vías Invias con actualización 2013¹⁴.

Así mismo pueden estar regidas por algún tipo de especificación particular para efectos de actividades que no estén contempladas dentro de la normatividad establecida.

¹³ CAMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCION (CAMACOL) Comunicaciones. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones. [consultado 15 mayo, 2015]. Disponible en: <https://ww2.camacolcundinamarca.co/382-reconocimiento-lean-construction.html>

¹⁴ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS) Estados de vías. [sitio web]. Bogotá D.C Sec VÍAS. [consultado 15 junio, 2018]. Disponible en: <https://www.invias.gov.co/>

De igual manera el proceso constructivo de una vía en Colombia depende de las consideraciones dadas en los diseños, los cuales se basan en el tipo de servicio y condiciones de tráfico que prestara la vía, así como su vida útil.

“En Colombia los proyectos de construcción de vías deberán estar cubiertos por consideraciones previas como leyes de contratación de personal, permisos legales, licencias ambientales, topografía, diseños aprobados para construcción, actividades de socialización y actas de vecindad, consideraciones de seguridad y salud en el trabajo”¹⁵.

Haciendo referencia a los tipos de vías, estos se clasifican según su capa de rodadura en:

- ✓ Pavimento Flexible: compuesto por mezcla en porcentajes de asfalto y material granular.
- ✓ Pavimento Rígido: compuesto por concreto hidráulico u hormigón de resistencia según diseños.
- ✓ Pavimento Articulado: compuesto por adoquín.

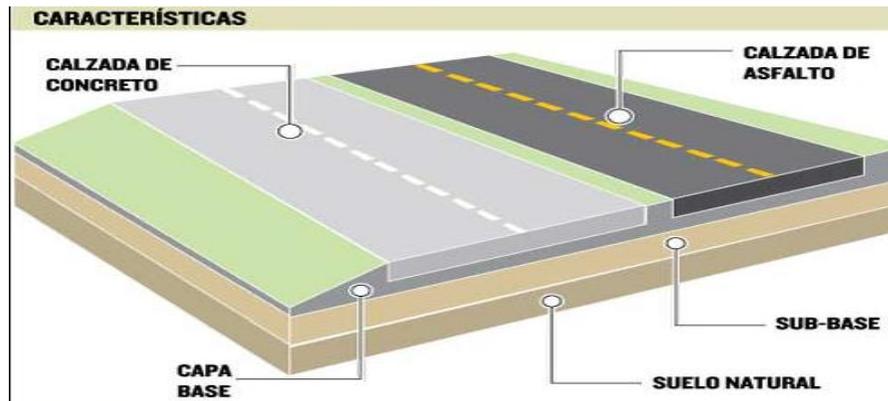
En diferentes proyectos viales en Colombia se emplean diferentes tipos de pavimento según las necesidades, requerimientos enmarcados en los diseños elaborados.

Con el ánimo de una mejor comprensión en lo referente a las estructuras de cimentación para una vía, el sistema constructivo es similar, pues las actividades inician con los movimientos de tierra que involucran cortes, terraplenes o excavaciones, para luego cimentar la estructura de las vías con capas de material granular. En algunos casos, en donde las condiciones del suelo natural encontrado en el trazado de la vía lo demanden, se emplean elementos para refuerzo de las estructuras desde la misma capa de subrasante o suelo natural.

A continuación, se muestra un ejemplo de las partes de la estructura de una vía.

¹⁵ COLOMBIA COMPRA EFICIENTE. Compradores. [sitio web] Bogotá D.C. CO. Sec Publicaciones. [Consultado 10 junio, 2018]. Disponible en: www.colombiacompra.gov.co

Imagen 1. Estructura General de una vía



Fuente. MORENO CECILIANO Patricia Diseño de vías de comunicación terrestres. [sitio web]. Bogotá D.C CO sec. publicaciones. [Consultado 16, junio 2018]. Disponible en: www.topoviasdecomunicacion.wordpress.com

El proceso de construcción de una carretera en general se puede describir en orden ascendente de la siguiente manera:

- ✓ Diseños e ingeniería: Parten de datos topográficos y estudios de suelos tomados en campo.
- ✓ Descapote: Se hace referencia al retiro y disposición final en sitios autorizados de la capa orgánica que se encuentra en el trazado de la vía.
- ✓ Excavación Mecánica: Es la etapa en la que se realiza la excavación de la banca de la vía, esta se realizara siguiendo los lineamientos establecidos y los diseños constructivos.
- ✓ Subrasante: Es la capa sobre la cual se soportará la estructura de la vía, para ella se deberá realizar una excavación de la banca y una escarificación y homogenización de la superficie, para finalmente realizar una compactación garantizando una base de soporte firme y estable. En este proceso se realizarán trabajos con la maquinaria adecuada y el personal capacitado para tal fin.
- ✓ En el caso de no requerirse una excavación si no por el contrario se deba realizar un lleno o mejoramiento, se deberá realizar el descapote previo eliminando la capa orgánica para iniciar con los llenos de mejoramiento previos a la estructura de la vía.
- ✓ Subbase Granular; Es la capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir las cargas aplicadas en la superficie de rodadura del pavimento. Para esta capa se emplean agregados provenientes de canteras y deberán cumplir con requerimientos técnicos característicos de una subbase granular. Al igual

que el anterior, deberá nivelarse y compactarse garantizando una capa de soporte que cumpla con los requerimientos de los diseños.

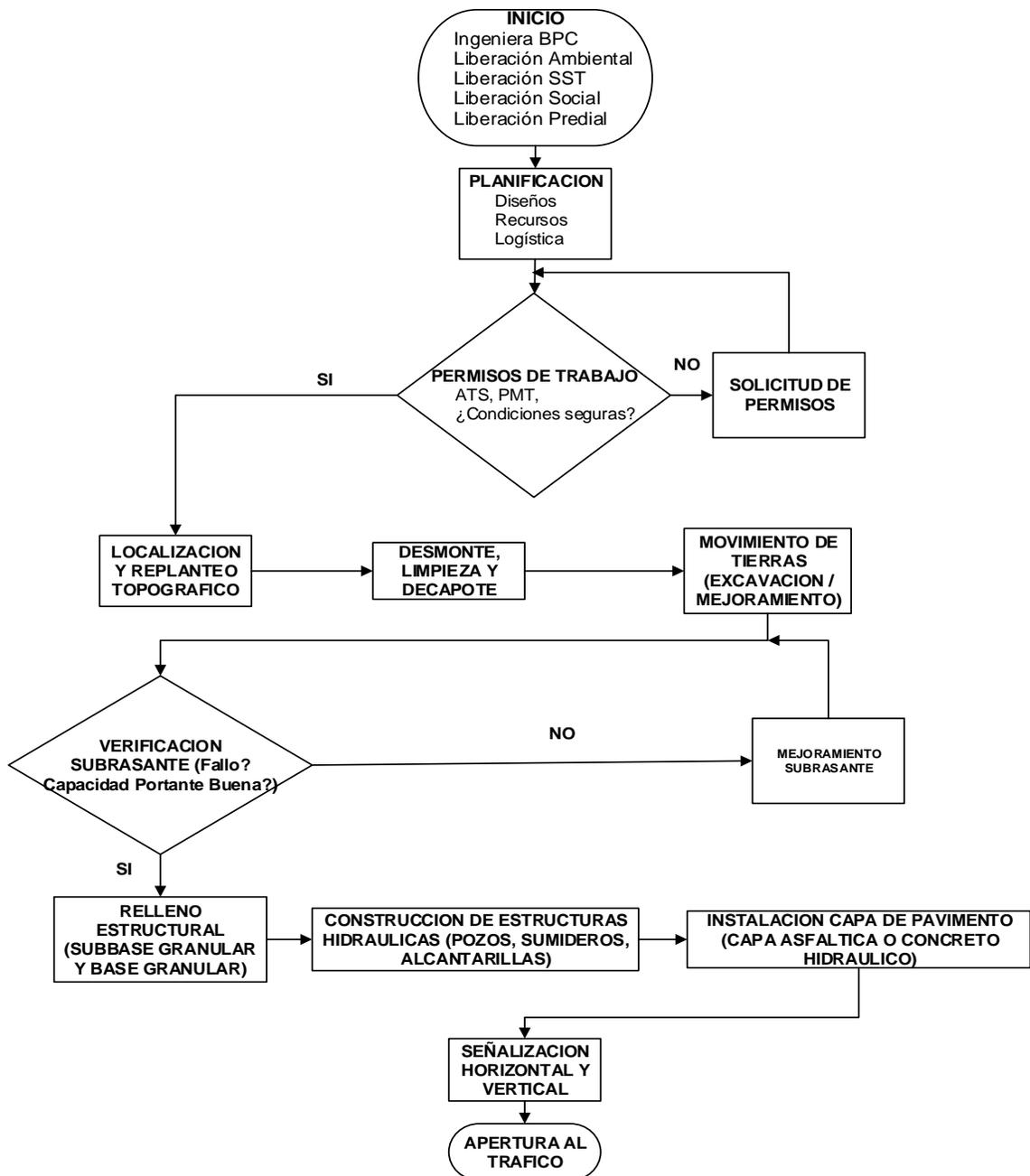
- ✓ Base Granular: Es la capa del pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito en la capa de rodadura a la sub-base. El material a emplear deberá estar constituido por una combinación de grava de buena calidad, arena, y suelo en su estado natural, todos ellos previamente clasificados para ser colocados sobre la superficie de la sub-base. Esta también deberá ser debidamente nivelada y compactada garantizando una estructura de soporte que cumpla con los diseños establecidos.
- ✓ Finalmente se deberá colocar la capa de pavimento que digan los diseños, la cual puede ser en concreto hidráulico, asfáltico, cada una con sus requerimientos propios y característicos.

Las etapas descritas, se rigen en su construcción y tipos de materiales a emplear por la normatividad Invias-2013 en donde se describen los tipos de materiales, ensayos de laboratorio y procesos constructivos.

Al revisar las actividades necesarias para la construcción de una vía, todas son de gran importancia, sin embargo, en la implementación de la filosofía Lean Construction, se debe generar una escala de valor para realizar la evaluación de las actividades que no generan valor dentro de cada proceso.

2.2 FLUJOGRAMA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS EN COLOMBIA

Grafico 6. Flujoograma del proceso general para la construcción de vías en Colombia.



Fuente. Elaboración por el autor

Como conclusión de lo anterior, en la actualidad el sistema de planificación que se realiza en Colombia para la construcción de vías, los proyectos se planifican con las actividades que deben hacerse sin considerar si se cuenta con los recursos o las

capacidades técnicas para ejecutar estas actividades así mismo se deben considerar las restricciones que se puedan presentar en el desarrollo del proyecto.

2.3 VARIABLES QUE GENERAN PROBLEMAS DE PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA

En el proceso de construcción de vías en Colombia existen muchos factores que generan problemas de productividad no solo el proceso técnico de construcción sino también factores sociales y denuncias por corrupción. Todos estos afectan de alguna manera la productividad de los proyectos.

Sin embargo, la mayoría de los problemas de productividad de los proyectos viales en Colombia se dan en la parte de la ejecución de estos. A continuación, se presentan algunas variables que se considera afectan la productividad en los proyectos de construcción de infraestructura vial en todas las etapas.

2.3.1 Variable social. En Colombia muchas veces se toman decisiones para la ejecución de proyectos viales sin contar con las necesidades de las comunidades vecinas al proyecto, los diferentes asentamientos que puedan existir y el uso que le darán estas comunidades a la vía.

Es así que se presentan inconvenientes con las comunidades, en donde al no contemplar pasos peatonales o puentes peatonales las comunidades muchas veces obstaculizan el desarrollo de los proyectos generando pérdidas en los tiempos de negociaciones y acuerdos que se puedan generar en el proceso de negociación.

Lo anterior confirma que muchos proyectos en Colombia en la actualidad presentan problemas por no contemplar el entorno geográfico y social en el cual se van a ejecutar los proyectos de infraestructura vial. Así mismo demuestra que se debe mejorar el marco normativo de las consultas previas.

Un ejemplo de esto es el proyecto vía Mulalo - Lobo guerrero, el cual en sus consultas previas no se contempló en su totalidad las comunidades asentadas en la zona. Esta es otra variable que en muchos proyectos genera retrasos al no contemplar la totalidad de los involucrados en los proyectos.

2.3.2 Variable estructural. La revista Dinero en su artículo del 5 de Noviembre de 2017 sobre Los Cuatro Desafíos más Grandes Para las 4G (además de Odebrecht): "9 de 31 proyectos que están en proceso tienen dificultades y muchos de ellos controversias con la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, en donde además de los problemas de corrupción mencionan problemas de tipo estructural como problemas en los procesos de compra de los predios, controversias en el traslado de redes de servicios públicos, demoras en la negociación de las consultas previas y en el trámite de las licencias ambientales; así, la discusión acerca de estudios y

diseños imperfectos y hasta los papeles que cumplen los interventores sigue siendo el pan de cada día en el sector”¹⁶.

Dentro de las variables de tipo estructural que afectan la productividad de los proyectos de infraestructura vial en Colombia se encuentran inconvenientes como los traslados de las redes existentes que existen en el trazado de algunas vías, también las demoras en las compras de los predios afectan los proyectos, así como el trámite de licencias ambientales.

Se resalta entonces que, en la elaboración de las consultas previas se deben considerar variables de tipo estructural las cuales afectan la productividad de las empresas al presentar demoras al inicio de las actividades generando mayores costos por largas permanencias reduciendo el valor esperado de los proyectos al incrementar los gastos administrativos. Otro problema en este punto es el poco tiempo con el que cuentan las empresas que tienen adjudicado este tipo de proyectos para la etapa de pre-construcción.

Se puede concluir de todo esto para cualquier tipo de proyecto, se deben ampliar todas las variables posibles al estudiar mejor a los involucrados en los proyectos, por lo que no se debe escatimar en el tiempo de planeación previo a la ejecución, así se garantiza el valor esperado de los proyectos.

2.3.3 Variable de producción. Al hablar de la producción, se hace referencia a las actividades que generan valor al proyecto de manera directa, estas actividades son las asociadas al desarrollo de los proyectos de construcción.

En los procesos constructivos de los proyectos de infraestructura vial se presentan diferentes clases o tipos de pérdidas generadas por diferentes aspectos como las esperas ocasionadas por falta de instrucción, falta de materiales, interferencias, transportes innecesarios de materiales, equipos y obreros, por mala distribución de los recursos o ausencia de planificación; tiempo ocioso por actitudes del trabajador; reprocesos por actividades mal ejecutadas o dañadas por otras cuadrillas de trabajo, entre otras.

En los procesos constructivos, las variables mencionadas se analizan desde la planificación de las actividades de obra, pues desde esta etapa se pueden reducir muchos de los desperdicios o pérdidas generadas por una mala planificación y por la mala implementación de las actividades.

¹⁶ Revista DINERO. Los cuatro desafíos más grandes para las 4G (además de Odebrecht). [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec- Publicaciones Noviembre, 2017. [Consultado 15, junio, 2018]. Disponible en: <https://www.dinero.com/edicion-impres/caratula/articulo/problemas-en-las-4g-infraestructura-en-colombia/245131>

En Colombia al hablar de planeación o programación, se entiende por la programación de las actividades de obra, sin tener en cuenta los factores asociados a estas actividades, un ejemplo es el transporte de los materiales, pues se contempla que deben llegar a los frentes de obra, pero no se tiene en cuenta diferentes factores que puedan alterar este transporte el cual genera pérdidas al momento de tener al personal de la obra en espera de este.

De lo anterior, se deben considerar todos los escenarios posibles para una buena planeación, es decir en el ejemplo del transporte de los materiales, se podría considerar que el material llegue en el momento que se necesita, para ello se debe considerar el ciclo de transporte, cuánto dura en el recorrido, establecer con anticipación el recorrido de este, en fin, todas las variables posibles con el fin de optimizar los recursos en los frentes de obra.

Al revisar las principales variables de producción de un proyecto vial, se comprueba que están inmersas en las siete (7) categorías que generan pérdidas establecidas por el autor Lauri Koskela

- ✓ Defectos
- ✓ Demoras
- ✓ Excesos de procesado
- ✓ Exceso de producción
- ✓ Inventarios Excesivos
- ✓ Transporte Innecesario
- ✓ Movimiento no Útil de Personas¹⁷.

“En la producción de un proyecto vial se tienen diferentes tipos de pérdidas que afectan la producción, entre ellas están:

- ✓ Pérdidas por tiempos de espera: estas pérdidas son como la mencionada en el ejemplo del transporte de los materiales. No solo aplica para esta situación, también aplica en los tiempos de espera por los proveedores, pues ellos también tienen un tiempo para producir los materiales y poder surtir a todos los clientes, para esto se toman un tiempo entre el pedido y la entrega de los materiales.

¹⁷ PORRAS. Op.Cit, p.38

- ✓ Pérdidas por Inventarios: en los proyectos viales no se puede tener inventarios solo por si acaso se requieren, los materiales, equipos y de más suministros se deben planificar con el suficiente tiempo para no afectar el flujo de los proyectos.
- ✓ Pérdidas por el Factor Humano: el factor humano en la construcción es el mayor índice de pérdida por el desconocimiento de las tareas que deben ejecutar, la mala selección del personal, lo que conlleva a la alta rotación del mismo.
- ✓ Pérdidas por Reprocesos: en los proyectos de infraestructura vial, se presentan reprocesos por la calidad de los materiales, por el no cumplimiento de estándares de calidad de los materiales con que se construye una vía, pues a diferencia de otros sectores los materiales deben cumplir con una serie de requisitos de temperatura, granulometrías y de más que se solicitan en las especificaciones técnicas y que deben tener mayor atención al momento de instalar. Es así que, si se instala un material granular que no cumple con el porcentaje de compactación, no se podrá instalar el siguiente hasta no cumplir con lo requerido, generando pérdidas por mayor permanencia de los equipos y demoras en las entregas de las actividades.
- ✓ Pérdidas por Diseños: esta es una de las principales causas que genera pérdidas y reprocesos, pues en Colombia en muchas ocasiones se inician proyectos con ingenierías básicas y diseños pobres que presentan inconsistencias.
En los proyectos de infraestructura vial en Colombia aún se presentan inconvenientes por diseños al no contemplar todos los aspectos involucrados a lo largo del trazado de las vías, es decir si una vía es rural presentara unas connotaciones diferentes a las vías urbanas que presentan más requerimientos al contemplar el espacio público, urbanismo, redes de servicios públicos, los cuales se rigen en su mayoría por normas internas en cada ciudad o región.
- ✓ Pérdidas por Administración: en el ejercicio en Colombia, se ha tomado la costumbre de trabajar con personal poco capacitado para lo requerido en los diferentes proyectos viales. lo anterior es debido a la contratación en muchas ocasiones de mano de obra con poca experiencia. El personal se enfoca es en resolver problemas y no en prevenir por medio de una buena planificación.

De lo anterior, se identifica que en Colombia se presentan ausencias en las estrategias para contar con recurso humano competente en los proyectos de construcción de infraestructura vial. Pocas empresas invierten tiempo y dinero en este tipo de estrategias para contar con personal apropiado para cada tipo de proyecto, simplemente se limita a lo solicitado por el cliente, por el contrario, en los proyectos se realizan contrataciones sin cumplir con un plan estratégico. Estas situaciones se pueden evidenciar en los retrasos para la entrega de obra de construcción de infraestructura vial y en la durabilidad de las obras la cual no garantizan los tiempos mínimos para los cuales fueron contratados los proyectos.

En los procesos administrativos de las empresas constructoras generalmente se falla en la solicitud de información lo que genera una pérdida de tiempo innecesario en la búsqueda de esta información.

“Otro factor en esta área es la falta de control que muchas veces se aprecia en diferentes proyectos, en donde por la falta de una buena coordinación de las actividades el personal involucrado en las actividades de obra realiza actividades erradas que genera reprocesos por inconformidades del cliente o mala calidad en el resultado final.”¹⁸

La excesiva burocracia que se presenta en los proyectos actuales de construcción de infraestructura vial tipo 4G, normalmente acarrea pérdidas de tiempo por la mala comunicación que se genera y las demoras en aprobaciones que se requieren en los procesos constructivos.

- ✓ Métodos Inadecuados: en los diferentes proyectos viales en Colombia no se tiene la costumbre de planificar los métodos de construcción, no se tiene la costumbre de plasmar y anticiparse a las actividades, esto ayudaría mucho en la prevención de inconvenientes a la hora de ejecutar la obra. La elaboración de un plan de construcción en la etapa previa ayuda a prevenir inconvenientes que puedan generar pérdidas administrativas por mayores permanencias y pérdidas de tiempos en etapas de construcción. Es así que en Colombia se inician proyectos viales con el programa inicial de obra sin considerar la consecución de materiales en la zona, sin revisar si la maquinaria y es la indicada para las actividades, etc.

En Colombia, se está empezando a comprender la importancia de la inversión en tiempo en las etapas previas a la construcción, pues en la mayoría de los proyectos se presentan afanes por iniciar las construcciones sin emplear los tiempos ni recursos necesarios en las etapas de planeación y programación.

- ✓ Recurso Humano: como se mencionaba en párrafos anteriores, el factor humano es de gran importancia a la hora de los rendimientos en la ejecución de las actividades de los proyectos viales. En los proyectos viales en general se presenta una alta rotación del personal al no poder sostener al personal operativo en la mayoría de los proyectos, esto induce a la contratación de personal que no es el indicado para realizar las actividades que demandan los proyectos.

¹⁸ Revista DINERO. Los cuatro desafíos más grandes para las 4G (además de Odebrecht). [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec- Publicaciones Noviembre, 2017. [Consultado 15, junio, 2018]. Disponible en: <https://www.dinero.com/edicion-impres/caratula/articulo/problemas-en-las-4g-infraestructura-en-colombia/245131>

La baja productividad que genera este recurso, no solo en proyectos viales, se presenta en todas las áreas de las organizaciones y sus proyectos desde las áreas financieras hasta las áreas técnicas y operativas.

De lo anterior se resalta la importancia de la capacitación al personal de la empresa y de los proyectos, esta capacitación va enfocada según el cargo y funciones.

- ✓ Seguridad Industrial: el sector de la infraestructura vial en Colombia presenta uno de los más altos índice de accidentalidad, al no contemplar ni invertir el tiempo ni recursos suficientes a la hora de planear los proyectos. Una demostración de esto es la calificación o grado que se le da ante la administradora de riesgos laborales a nivel nacional.

El tener personal con poca experiencia y el no realizar las debidas capacitaciones en las tareas que se están ejecutando son causas que generan también la alta accidentalidad.

- ✓ Sistemas de Control: en Colombia el control de los proyectos se enfoca en la programación, en el control de los costos, lo que indica una falta en el control anticipado de las actividades¹⁹. Hoy en día se debe resaltar la importancia del control no solo en la etapa de facturación si no en todas las etapas de los proyectos e implementar metodologías que colaboren con los debidos controles con el fin de reducir pérdidas que se puedan presentar, esto es uno de los principales objetivos de la filosofía Lean.

Al hablar de las variables que generan problemas de productividad, se deberán tener claros los conceptos de los tiempos que el trabajador invierte para la ejecución de las actividades asignadas y programadas previamente. Estos tiempos se clasifican en:

- ✓ “Tiempo Productivo (TP): siendo el tiempo que destina el trabajador en el desarrollo efectivo de la actividad, es decir tiempo dedicado a la producción de la actividad a la cual está asignado.
- ✓ Tiempo Contributivo (TC): es el tiempo destinado a las actividades de apoyo para las acciones productivas como lo son los transportes, el aseo, mediciones, instrucciones, etc.

¹⁹ MARTINEZ. Op.Cit, P.92

- ✓ Tiempo No Contributivo (TNC): es el tiempo dedicado a actividades diferentes a los tiempos anteriores, como pausas, descansos, necesidades fisiológicas, tiempos de espera, etc.”²⁰.

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, en Colombia no se ha generado una investigación sobre la implementación de Lean Construction en el sector de la infraestructura vial, por ello se comenta sobre casos en otros países como Chile, Perú, Ecuador, en donde al hablar sobre la identificación de desperdicios en obras de pavimentación o proyectos viales se ha realizado una investigación de desperdicios para base y sub base en el Perú considerando el procedimiento constructivo para ambos como idénticos ya que fue realizado por las mismas cuadrillas, por lo que los tiempos improductivos fueron los mismo en ambos casos, este estudio se llevó a cabo durante 7 días tomando la medición 7 de tiempos para las actividades de esparcido, nivelado y compactación final. Para las actividades de esparcido se encontró que el 68% del tiempo en obra se destina a actividades no productivas (27% Contributivo y 41% No Contributivo), y tan solo el 32% está produciendo. Evidenciándose que las esperas por falta de frente son la mayor fuente de tiempos improductivos, los cuales condicionan el avance de la esparcidora. De la misma manera se procedió a detallar los resultados del estudio para las motoniveladoras y los rodillos. Obteniéndose como resultados que los tiempos improductivos (28% Contributivo y 23% No Contributivo) son mayores a los productivos siendo 51% y 49% respectivamente. Las fuentes de tiempo improductivo poseen similar incidencia entre sí, resaltan esperas antes del inicio de la ejecución (de arranque) por la cisterna y a la brigada topográfica, esto se da antes de iniciar cualquier nivelado pues la cuadrilla topográfica está ejecutando trabajos en frentes distantes y mientras se trasladan y plantillan se incurre en tiempos improductivos. Además, es preocupante que exista un tiempo de reprocesos, este se da por lo general debido a deterioros en las capas precedentes que son detectados por la cuadrilla de control de calidad, si no se corrigen esos deterioros no se podrá liberar la capa respectiva. Simultáneamente al nivelado y refinado, se encontró que el 50% del tiempo en obra se destina a actividades productivas, siendo el 29% dedicado a actividades no contributivas en las cuales se muestra que el trabajo en otro frente tiene una alta incidencia como consecuencia de defectos en el nivel de compactación en otras capas que obliga a transportar con urgencia un rodillo al tramo donde se requiere mayor energía de compactación incrementando el tiempo de ejecución de las capas²¹.

Como conclusión general del capítulo se puede decir que, los principales inconvenientes parten desde la misma concepción de los proyectos, y estos van desde errores en la redacción de los pliegos de licitación, pasando por los bajos presupuestos para algunas obras, hasta el afán político por entregar los proyectos.

Otro de los inconvenientes es que muchas veces los presupuestos asignados a cada proyecto son muy bajos, lo que induce a la contratación de personal con poca

²⁰ BOTERO. Op.Cit, p.67

²¹ CHACHA CHACHA, Ximena Valeria. Desperdicios (pérdidas) en obras viales enfocado a la filosofía lean construction. Riobamba, Ecuador, 2017, p.7 Trabajo de grado (Profesional en Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil.

o mediana experiencia y en los casos más extremos adquirir materiales que no garanticen las especificaciones técnicas de construcción.

A lo anterior no sobra sumar la mala programación y falta de coordinación de los líderes de los diferentes frentes de obra en lo referente a la administración de los recursos de mano de obra y equipo asignados.

3. IMPLEMENTACIÓN

3.1 IMPLEMENTACIÓN HISTÓRICA EN COLOMBIA

En Colombia no se ha implementado el sistema Lean Construction como metodología o modelo a seguir en la construcción de infraestructura vial, por el contrario, se ha implementado en la construcción de edificaciones verticales en empresas constructoras como MARVAL S.A. o APIROS entre otras, que, si lo han adoptado, sin embargo, hay algunas empresas que ya lo están implementando a través de sus sistemas de calidad.

La filosofía Lean Construction (construcción sin pérdidas) es un tema relativamente nuevo en nuestro país, muy pocas empresas lo han implementado en sus organizaciones, pues requiere de un proceso al adoptar nuevos conceptos y cambios en sus procesos tanto administrativos como organización y desde la concepción de sus proyectos hasta la entrega y puesta en servicio de estos.

Al hablar sobre la productividad en la etapa de construcción, Lean Construction aplica en todos los procesos de esta etapa al involucrar la logística, recursos humanos y procesos constructivos.

La importancia de identificar mecanismos que permitan implementar la filosofía Lean Construction al sector de la infraestructura vial, 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”.

3.2 METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

Para lograr resultado exitoso en la implementación de la metodología lean Construction, el principal requerimiento es el interés y compromiso Gerencial en aumentar la productividad y por supuesto la rentabilidad en cada uno de los proyectos a ejecutar.

Al implementar la filosofía Lean Construction, se deben tener presente las siguientes barreras al inicio:

- ✓ Resistencia al cambio.

- ✓ Falta de integración en la cadena de suministros.
- ✓ Planificación pobre e inadecuada.
- ✓ Falta de tiempo para la implementación y problemas culturales.
- ✓ Dificultad en disponer de personas con conocimientos y experiencia en Lean Construction.
- ✓ Falta de identificación y control de desperdicios.
- ✓ Los resultados no se ven rápido, y muchas veces solo se ven parcialmente.
- ✓ La pobreza y problemas sociales.
- ✓ Informalidad propia de la industria local.
- ✓ Falta de autoestima e iniciativa por parte de las personas de las operaciones.

Así mismo, se podrán encontrar muchos aspectos positivos y de gran importancia, los cuales deberán ser socializados a todos los involucrados en los proyectos:

- ✓ Tomar decisiones en equipo.
- ✓ Disponer de contratistas competentes y capacitados en Lean Construction según su campo de trabajo.
- ✓ Reducir la rotación de trabajo en todos los niveles jerárquicos y continuidad de la mano de obra en los proyectos.
- ✓ Mejorar la calidad de vida de los trabajadores.
- ✓ Establecer un proceso continuo de medición de pérdidas.
- ✓ Socializar, para empresas del sector, los resultados particulares de la aplicación de Lean Construction.
- ✓ Destinar tiempo para pensar y planear.
- ✓ Generar confianza en la filosofía y sus principios.
- ✓ Persistir en la limpieza y el orden.
- ✓ Propiciar la formalidad del gremio.

Estos aspectos positivos, se lograrán después de establecerlos como hábitos en la organización y sus proyectos, enfocados a la mejora continua de los procesos y al incremento de la productividad con la finalidad de lograr un bienestar común.

Para implementar la filosofía Lean Construction en la construcción de proyectos de infraestructura vial en Colombia, se requiere aparte del compromiso de la gerencia, una serie de capacitaciones que conlleven a dedicación de tiempo, pues se debe en primer lugar sensibilizar a los involucrados en los proyectos creando una cultura de medición de procesos y sus rendimientos con un detallado análisis de datos con el fin de impulsar la mejora continua en los procesos constructivos.

Para realizar una adecuada implementación se recomienda seguir la siguiente consecución:

3.3 DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA O PROYECTO

En este numeral se recomienda realizar un diagnóstico cuantitativo del estado del proceso constructivo de la vía para identificar las tareas o actividades en las que se debe iniciar con el proceso de mejora.

También se recomienda realizar un estudio de tiempos y movimientos en los que se debe identificar los reprocesos o actividades que no generan valor al proyecto

3.4 ANALIZAR LA INFORMACIÓN RESULTANTE DEL DIAGNOSTICO

Una vez obtenidos los datos y analizarlos a través de diagramas de barras, diagramas de pastel o diagramas de dispersión según se escoja, se deben aplicar metodologías de análisis causal como lluvia de ideas, diagramas causa efecto o diagramas de árbol para identificar las causas básicas y las causas inmediatas, las cuales generan problemas al proceso constructivo de la infraestructura vial.

3.5 ESTABLECER PROCEDIMIENTO, PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Una vez analizados los datos y definidos los planes de acción para la mejora de los inconvenientes que presentan retrasos, reprocesos o tiempos no productivos se debe iniciar con la fase de implementación la cual es de responsabilidad de todos los participantes en el proceso es decir tanto personal administrativo como personal operativo. La fase de implementación debe contar con una planeación de seguimiento en la cual se describen claramente los temas de capacitación, el personal objeto de capacitación y las etapas del proceso de construcción de la vía en la cual se va a intervenir con las mediciones de tiempos y movimientos.

3.6 CAPACITACIÓN

Con el fin de tener al personal alineado con los objetivos Lean, se deberá realizar una serie de capacitaciones programadas enfocadas para los altos cargos de la compañía y el proyecto, cargos de mandos medios que son los que llevan a cabo los proyectos hasta el personal de ejecución como inspectores y encargados de las actividades de obra, con el fin de generar una sensibilización sobre la importancia de la filosofía Lean Construction.

Así mismo, estas capacitaciones programadas se deberán realizar de manera periódica y se deberán implementar estrategias que involucren al personal operativo en la mejora continua de los procesos de las actividades obra.

3.7 TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN

Otro factor esperado con las capacitaciones Lean, es que después de estar concientizados en la importancia y sensibilizados con los aspectos positivos, desde la gerencia y coordinación de proyectos, se recomienda escoger un proyecto para iniciar la transferencia de conocimientos de la filosofía al personal que ejecutara el proyecto. Esta transferencia de conocimientos será debidamente coordinada por un grupo dedicado al seguimiento de la implementación en el proyecto.

3.8 IMPLEMENTACIÓN

Con la concientización del personal directivo del proyecto, se deberá generar la implementación del sistema a través de la medición y toma de indicadores de los procesos, con el fin de determinar tiempos efectivos según las circunstancias del proyecto. Esto deberá dejar en el personal hábitos que ayuden al desarrollo de proyectos futuros de manera coordinada y efectiva.

En esta implementación se deberán continuar y reforzar la capacitación garantizando una transferencia de información que ayude con la toma, tabulación y análisis de los datos tomados a través de la presentación de informes periódicos. No solo se deben tomar datos de tiempos y recursos de los procesos de construcción, también se deberá tomar información para implementar técnicas de medición de pérdidas que pueden ser por tiempos de esperas, reprocesos que se hayan generado en las actividades de obra, indicando el porqué de estas pérdidas. Por último, se deberá generar la programación e implementación del sistema de último planificador a través de una planificación semanal de actividades y poder llegar a programas para dos y tres semanas siguientes.

En el proceso de implementación, se deberán tener claros los objetivos enfocados inicialmente en los tiempos productivos, contributivos y no contributivos que el trabajador deberá tomar en la realización de las actividades.

PROCEDIMIENTO IMPLEMENTACIÓN LEAN CONSTRUCTION	Código: LC-PR-001
	Versión: 00
	Fecha: 24/09/2018

1. OBJETIVOS

Identificar las actividades que no agregan valor a las actividades principales del proyecto, analizándolas desde los mismos recursos con el fin de tomar las mejores decisiones sobre las acciones que se deberán tomar para el mejoramiento de estas actividades.

2. ALCANCE

Este documento aplica para todos los procesos Estratégicos, misionales y de apoyo establecido por la organización y para todos los proyectos que establezca la empresa.

3. RESPONSABLES

3.1 DE APLICARLO

✓ Gerencia

Las responsabilidades de la gerencia de la organización sobre la implementación de la filosofía Lean Construction, son las de otorgar el apoyo necesario para la correcta implementación proporcionando todos los recursos necesarios para la debida implementación.

✓ Departamento Lean Construction

El departamento se crea con la finalidad de realizar los trabajos de capacitaciones a todo el personal involucrado en las actividades de los proyectos que generen valor a los proyectos.

Realizar la toma de datos, muestreos y análisis necesarios para determinar con efectividad las pérdidas de las actividades constructivas de los proyectos con el fin de dar la información requerida para la toma de acciones que conllevaran al mejoramiento de las actividades de construcción.

✓ Personal Operativo

Prestar la colaboración para la toma de información y datos solicitados por el departamento Lean Construction.

3.2 DE GARANTIZARLO

✓ Dirección de proyectos

La dirección de los proyectos, serán los responsables de dirigir la correcta implementación en sus proyectos y velar por el funcionamiento del presente procedimiento que involucra a todos los trabajadores del proyecto involucrados en las actividades de obra.

Mantener informada a la gerencia sobre las actividades de la implementación y resultados en sus proyectos.

Garantizar que el personal preste la debida colaboración en el proceso de implementación del sistema Lean Construction.

Planificar y controlar los trabajos que se requieran en el proceso de implementación en conjunto con el departamento Lean Construction.

4. TERMINOS Y DEFINICIONES

LAST PLANNER: sistema del último planificador, con la que se lleva el control detallado de las actividades a realizar en la semana.

EFICACIA: extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados. (Fuente ISO 900:2015).

EFICIENCIA: relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados. (Fuente ISO 900:2015).

PROCESO: conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. (Fuente ISO 900:2015).

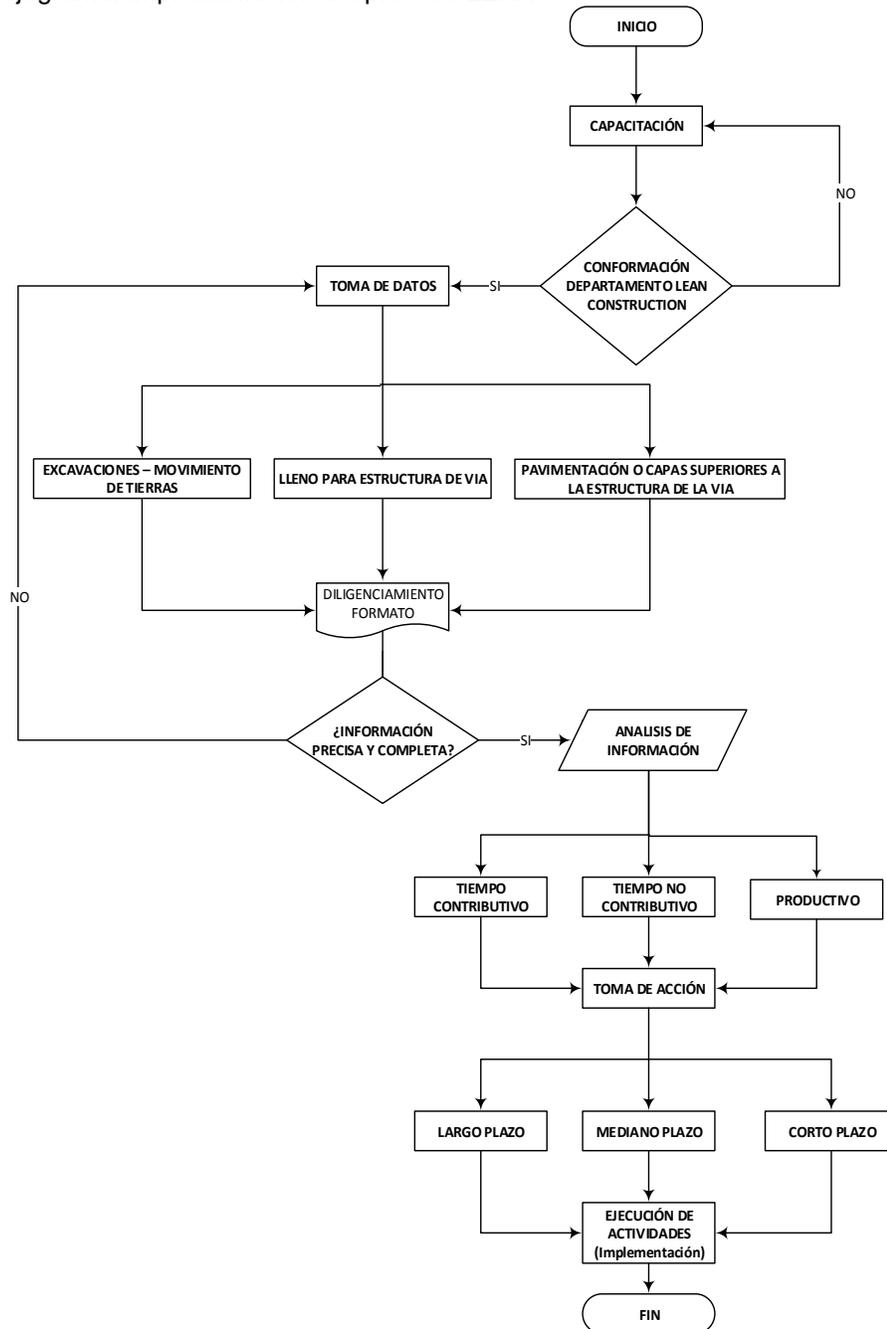
PROCEDIMIENTO: forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso. (Fuente ISO 900:2015).

REPROCESO: acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos. (Fuente ISO 900:2015).

5. DESARROLLO DOCUMENTAL

Figura 8. Flujograma para la implementación de la filosofía Lean Construction a un proyecto de infraestructura vial en Colombia.

Flujograma. Implementación del proceso LEAN



Fuente. Elaboración por el autor.

5.1 CAPACITACIÓN

Se deberá considerar en la organización un sistema de capacitación permanente e implementar inicialmente una capacitación enfocada a la gerencia, resaltando los beneficios de la filosofía Lean Construction en donde se especifiquen los beneficios en todas las áreas a futuro para la organización y todos los involucrados en esta.

Esta capacitación se deberá realizar con el apoyo de la gerencia quienes deberán estar convencidos de los beneficios financieros y organizacionales de realizar esta implementación a través objetivos enfocados al incremento del valor de sus proyectos.

Lo que se espera es que en la organización se pueda crear un departamento de Lean Construction enfocado a la mejora de la productividad en los proyectos y sea el responsable del seguimiento a las pérdidas y acciones de mejora en los proyectos.

Seguido, se deberá transferir esta información al grupo de mandos medios y nivel operativo quienes son los directamente responsables de la ejecución y desarrollo de los proyectos de la empresa. Sin embargo, se deberá preparar una información más detallada enfocada a los procesos de ejecución de cada proyecto y la generación de hábitos de mediciones que ayuden al logro de los objetivos establecidos de reducción o eliminación de pérdidas en las actividades de obra.

Se recomienda implementar un sistema de capacitaciones para los ingenieros y personal involucrado directamente en las actividades de construcción de infraestructura vial con énfasis de acuerdo con el nivel y cargo que desarrollen en los proyectos.

Los niveles o cargos a los que estará enfocada esta segunda etapa de capacitación son:

- Dirección de proyectos.
- Residentes de Obra.
- Áreas de planificación y control.
- Compras y Logística.
- Oficina técnica y diseños.
- Operativos en obra.

En cada nivel, la capacitación estará enfocada en resaltar las diferencias entre una construcción en sistema convencional y una implementando la filosofía de Lean Construction dentro de la infraestructura vial, en donde se puedan ver las oportunidades de mejora para el proyecto y sus participantes directos. Con esto se evidencia lo que la organización espera dentro de sus proyectos y el cómo desde cada nivel se da el aporte necesario para el cumplimiento de objetivos.

5.2 TOMA DE DATOS

El muestreo es la primera etapa en la consecución de la información necesaria que requiere el sistema Lean Construction. En esta etapa se realizarán mediciones de los tiempos de los trabajadores en las diferentes etapas de la construcción de una

vía, para ello, se deberá generar un formato avalado por el departamento de calidad de la organización enfocado a la medición de pérdidas en las actividades más relevantes del proyecto en donde se generen tiempos no contributivos mayores, siendo para una vía las actividades más relevantes las siguientes:

- Excavaciones o movimientos de tierras.
- Llenos para la estructura de la vía.
- Pavimentación o capas superiores de la estructura de la vía.

Una vez definidas las actividades relevantes de la construcción de la vía, se deberán realizar encuestas de diagnóstico e identificación de pérdidas. Para ello se podrá implementar el formato de medición de perdidas establecido por Luis Fernando Botero y la universidad EAFIT.

Figura 1. Formato de medición de pérdidas.

Tiempo Contributivo				Tiempo No Contributivo				Tiempo Productivo			
Inicio	Termino	Total	Código	Inicio	Termino	Total	Código	Inicio	Termino	Total	Código

Fuente. BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía Lean Construction. 2ed. Colombia. Legis 2006 p.144 ISBN 958-653-537.

Con esta información se espera resaltar en el personal de seguimiento directamente involucrado en las actividades de obra cuales son las actividades más relevantes del proyecto y mejorar o generar una mentalidad positiva que aporte al mejoramiento continuo y genere mayor compromiso en el personal directamente involucrado en el proceso de construcción de la vía.

Se debe realizar entonces un muestreo del trabajo que consiste en numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo y de la utilización de los equipos, categorizando en grupos principales dichas mediciones. De lo anterior, al detectar el tiempo que emplean los diferentes recursos en su jornada laboral, se podrán detectar diferentes problemas que afectan la productividad, los cuales deberán ser eliminados con el fin de incrementar el valor del proyecto y reducir los costos asociados a la actividad que estén desarrollando.

5.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una vez tomados los datos requeridos en los formatos establecidos, en donde se obtuvieron datos de los diferentes tiempos para la realización de las actividades más representativas y productivas de la construcción de la vía, se deberán identificar

estos tiempos según escalas de tiempos de producción estimados en la etapa de planeación del proyecto y poder diferenciarlos para realizar un análisis de pérdidas.

Para el análisis de esta información, se deberán identificar los tiempos contributivos y no contributivos dentro de las actividades definidas.

Esta información se puede analizar en diagramas simples de tortas en donde se muestran en porcentaje los tiempos dedicados a las actividades en estudio (TP, TC, TNC).

De esto se muestra la siguiente figura:

Figura. Ejemplo de Diagrama de Torta Para el Análisis de Pérdidas en Proyectos Constructivos.



Fuente: BOTERO, Luis Fernando. Lean Construction, aplicación al caso colombiano, Diapositiva 2.

5.4 TOMA DE ACCIÓN

Después de obtener los datos de los tiempos en las actividades y realizar un análisis de estos tiempos, la filosofía Lean Construction plantea la toma de acción a través de la implementación de su principal herramienta que es el sistema del Ultimo Planificador (Last Planner).

El principal objetivo del Sistema del Ultimo Planificador es realizar la planificación de las actividades que se van a ejecutar en los procesos constructivos de la infraestructura vial.

La implementación del sistema del Último Planificador, se deberá realizar inicialmente a manera de capacitación del personal de mandos medios como ingenieros directores de proyectos y residentes de obra, para después por medio de una transferencia de información sea ejecutado por los inspectores y encargados de las actividades de la construcción de la vía.

De lo anterior, se debe tener en cuenta los tres tipos de planificación:

- **Planificación a Largo Plazo;** “Se refiere a la planificación inicial de la construcción de la vía en diagrama de Gantt, enfocada a las actividades de producción en el marco del proyecto a ejecutar. En esta planificación se definen aspectos de obra como fechas de inicio y fin del proyecto, el desglose por hitos o actividades de obra como explanaciones, movimientos de tierra, llenos de estructura para las vías, pavimentación, cunetas, obras de arte, etc.”²² Esta planificación a largo plazo la genera el programador de la organización o ingenieros de tipo administrativos.

En Colombia, aun se presenta la situación de iniciar las actividades de obra con esta única planificación de actividades de obra sin verificar las posibles restricciones que las actividades puedan presentar en el desarrollo de los proyectos.

- **Planificación a Mediano Plazo;** Según Botero, la planificación a mediano plazo también llamada intermedia se describe:

La planificación intermedia corresponde al segundo nivel de jerarquía en la planificación, la cual sigue de la planificación inicial o a largo plazo. Esta es una expansión de la planificación a largo plazo, normalmente Lean Construction recomienda un espacio de seis (6) semanas del proyecto general en donde se genera un plan de trabajo de lo que se piensa que puede ser realizado empleando información del estado actual de la construcción de la vía. Esta planificación intermedia se revisa en los comités de avance de obra en donde analiza el estado actual del proyecto y pronósticos sobre disponibilidad de recursos.

Esta planificación intermedia abarca intervalos entre cinco (5) o seis (6) semanas en el futuro en relación con la fecha de planificación y contempla un mayor detalle que la planificación a largo plazo, de aquí que se destacan los requisitos para la ejecución de las actividades de obra en el tiempo futuro de cinco (5) o seis (6) semanas.²³

- **Planificación a Corto Plazo (Plan Semanal);** Según Botero, la planificación a corto plazo se define de la siguiente manera:

²² BOTERO. Op. Cit. p. 76

²³ Ibíd. , p. 77

Esta es la planeación con mayor nivel de detalle y se debe realizar antes de ejecutar cualquier labor constructiva. Quienes la realizan es el personal como inspector y encargado que supervisan las actividades de obra.

El proceso consiste en definir las actividades y un programa de trabajo antes de iniciar, de acuerdo a lo que debe hacerse para ejecutar la tarea. Las actividades se identifican, se calcula su tiempo, los recursos necesarios y se organizan secuencialmente con el fin de lograr los objetivos establecidos.²⁴

Con esta planificación, se deberá realizar un análisis de tareas culminadas y verificar en este nivel de detalle con el fin de tomar medidas para la mejora continua de los procesos de las actividades de obra. Tras revisar este análisis, es conveniente realizar una transferencia de información a los capataces y encargados de las actividades con los resultados obtenidos y realizar un análisis conjunto del porqué de los no cumplimientos y que acciones de mejora se pueden tener.

5.4 IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES

De acuerdo con la planificación establecida según las necesidades del proyecto de infraestructura vial, se debe continuar con la implementación de las acciones, las cuales deben estar acompañadas de las decisiones y el compromiso gerencial adquirido se deben ejecutar las actividades relacionadas a la planificación a corto, mediano y largo plazo

6. RECURSOS

Humano: Se requiere personal capacitado y con habilidades de comunicador asertivo para sensibilizar y capacitar en tema de Lean Construction al personal de los diferentes niveles de la organización.

Tecnológico: Se requiere de ayudas audiovisuales y equipos de comunicación para capacitar y garantizar una comunicación eficaz en las actividades de obra relacionadas a la construcción de la vía.

Físico: Se requieren de espacios adecuados para la capacitación del personal y para las reuniones de avance en la implementación. Se requiere que estos espacios sean en los proyectos de infraestructura vial.

7. NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía Lean Construction. 2ª edición. Colombia: Legis. 2006. P.150

²⁴ BOTERO. Op. Cit. p. 78

- ISO 9000:2015 Sistemas de Gestión de Calidad-Fundamentos y vocabulario
- ZAMORA FANDIÑO, Nélida; BARRERA REYES, OSCAR LEONEL. Diagnóstico de la infraestructura vial actual en Colombia. Bogotá, 2012, 156 p. Informe final de investigación (Especialización en Gerencia de Proyectos). Universidad EAN. Facultad de Postgrados. Vicerrectoría de formación e investigación.

8. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- Formato de medición de perdidas

9. ANEXOS

N/A

4. CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó una búsqueda a las empresas del sector construcción que han implementado la metodología Lean Construction y se determinó que para la fecha del presente documento ningún proyecto o empresa ha implementado esta filosofía en el sector de la construcción de infraestructura Vial.
- ✓ Se realizó un levantamiento de información en cuanto a la descripción de la construcción de vías en Colombia, donde a través del diagrama de flujo del proceso y se concluyó que solo hay deficiencia en los puntos de control, lo que se tienen se encuentran después de la actividad de excavaciones, lo cual no garantiza el cumplimiento total de las especificaciones técnicas de construcción de las vías.
- ✓ Se estableció el procedimiento para la implementación de la filosofía Lean Construction en proyectos de infraestructura vial en Colombia, el cual describe el paso a paso, responsables, actividades y metodología de identificación y mejora basado en los 11 principios Lean, generando una herramienta útil para una implementación de manera eficiente.
- ✓ Se identificaron las variables para la implementación de la metodología, las cuales se enfocaron en la implementación de un sistema de capacitaciones por niveles, rangos y responsabilidades, pues de todos depende el logro de los resultados enfocados a la mejora continua de los procesos en todas las áreas de la organización. También se consideró la importancia de realizar planificaciones semanales involucrando el personal operativo en el nivel de inspectores o encargados de las actividades, permite un mayor compromiso del personal, integración entre equipos de trabajo y un mejor control de las actividades de obra con logros de los objetivos.
- ✓ A través de la filosofía Lean Construction, se pueden obtener datos reales de producción y toma de medidas oportunas para buscar el logro y mejora en los resultados esperados en los proyectos y de esta manera incrementar el nivel de cumplimiento de las especificaciones técnicas de construcción.
- ✓ Se estableció el flujograma para la implementación de la filosofía Lean Construction a través de una secuencia sistemática de actividades, decisiones y operaciones que permiten describir la mejor alternativa para la implementación de la metodología.
- ✓ Al implementar la filosofía Lean Construction en proyectos de infraestructura vial en Colombia, se espera obtener resultados positivos para las empresas al evidenciar una optimización en la consecución de los recursos de los proyectos, así como la reducción de costos al minimizar y controlar las pérdidas generadas en los procesos constructivos. De igual manera una entrega satisfactoria de los proyectos con productos de calidad y clientes satisfechos.

5. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda a las empresas que se dedican a proyectos de infraestructura vial en Colombia, implementar un departamento Lean o de productividad enfocado en las pérdidas en los proyectos y dedicado a la elaboración de herramientas que mitiguen esas pérdidas.
- ✓ Para lograr buenos resultados con la implementación de la filosofía Lean Construction, se requiere de una aceptación y apoyo total desde la gerencia de las organizaciones (lo que llama ISO 9001 Compromiso de la alta dirección y liderazgo), por lo que se recomienda conformar un departamento de productividad o departamento Lean, quien será el responsable del seguimiento de las actividades que no generan valor en los proyectos y de realizar las capacitaciones necesarias para el buen funcionamiento en todas las áreas de la organización.
- Se recomienda involucrar los procesos de apoyo que soportan al proceso constructivo dentro de las empresas o proyectos en los que se va a implementar la metodología para manejar de manera eficiente las nuevas actividades y para mitigar el cambio cultural que se presentaría durante la implementación de la metodología.
- ✓ Una vez implementado el sistema, se recomienda realizar capacitaciones continuas sobre las acciones de mejoras que se deban realizar en los proyectos para el personal administrativo y operativo de la construcción de una infraestructura vial.
- ✓ En la implementación de la filosofía Lean Construction en proyectos de infraestructura vial, se deben establecer y realizar seguimiento continuo a los indicadores reales sobre las actividades relevantes en la construcción de vías y se recomienda tomar datos en grupos aleatorios diferentes para cada etapa de los proyectos.
- ✓ Se recomienda realizar un análisis adecuado de las pérdidas en los proyectos de construcción de vías con el fin de identificar y controlar las actividades que no generan valor y poder proyectarlas en la etapa de viabilidad de los proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCON CARDENAS, Luis Fernando; Lean Construction. Rotterdam: Balkema publishers p.497 (1997).

ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando; DIETHELM, Sven. Organizándose para implementar prácticas Lean en empresas constructoras. En: Revista Ingeniería de construcción. Vol., 17. No 1 (2002)

ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando; PELLICER ARMIÑANA, Eugenio. Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. En: Revista de Obras Públicas. No 3.496 (Feb 2009)

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía Lean Construction. 2ª edición. Colombia: Legis. 2006. 150 P.

BOTERO BOTERO, Luis Fernando; ALVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. En: Revista Universidad Eafit. No 130 (Abr-jun. 2003).

BOTERO BOTERO, Luis Fernando; ALVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). En: Revista Universidad EAFIT. Vol., 40. No 136 (2004)

BRIOSO LESCANO, Xavier Max. 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. Madrid, 2015, ___ p. Trabajo de grado (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura

MARTINEZ RIBON, Jhonattan Guillermo Tercero. Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción. Bogotá, 2011, 91 p. Trabajo de grado (Magíster en Administración). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Administración y Contaduría.

PORRAS DIAZ, Hernán; SANCHEZ RIVERA, Omar Giovanny; GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía *Lean Construction* para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: AVANCES Investigación en ingeniería. Vol., 11. No 1 (2014).

Revista DINERO. Los cuatro desafíos más grandes para las 4G (además de Odebrecht). Noviembre, 2017.

SERPELL B, Alfredo. Administración de operaciones de construcción. 2ª edición. Chile: Alfaomega; 2002. 96 p.

ZAMORA FANDIÑO, Nélida; BARRERA REYES, OSCAR LEONEL. Diagnóstico de la infraestructura vial actual en Colombia. Bogotá, 2012, 156 p. Informe final de investigación (Especialización en Gerencia de Proyectos). Universidad EAN. Facultad de Postgrados. Vicerrectoría de formación e investigación.

CAMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. –CAMACOL – Información económica. [sitio web]. Bogotá D.C. CO sec. publicaciones. [Consultado 10 Junio, 2018]. Disponible en <https://www.camacol.co/>

CAMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. –CAMACOL – Información económica. [sitio web]. Bogotá D.C. CO sec. publicaciones. [Consultado 15 mayo, 2015]. Disponible en <https://ww2.camacolcundinamarca.co>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN – ICONTEC- Sistema de gestión de la calidad –Fundamento y vocabulario. NTC ISO 9000. Bogotá D.C. El Instituto, 2015. 55 p