

El Lean Construcción como estrategia de mejora continua en empresas dedicadas a la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Cúcuta. *

Lean construction as a strategy for continuous improvement in companies dedicated to the construction of road infrastructure in the city of Cucuta

Recibido: diciembre 2 de 2019 - Evaluado: febrero 3 de 2020 -

Aceptado: marzo 30 de 2020

Diana Carolina Diaz-Bateca**

Olga Paola Rolón-Cárdenas***

Para citar este artículo / To cite this Article

D. C. Diaz-Bateca, O. P. Rolón-Cárdenas “El Lean Construcción como estrategia de mejora continua en empresas dedicadas a la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Cúcuta” Revista de Ingenierías Interfaces, vol. 3, no. 1, pp. 45-67, 2020.

Resumen

El Lean Construction se basa en la gestión de proyectos de construcción mediante la aplicación de la mejora continua y el Lean Manufacturing. Este método Lean se fundamenta en la búsqueda que propone la gerencia sobre la mejora continua, en la reducción de pérdidas de materiales y en la generación de valor agregado para el producto final. El objetivo del artículo fue establecer los beneficios que ofrece el Lean Construction como estrategia de mejora continua en las empresas dedicadas a la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Cúcuta. La metodología fue cuantitativa y de tipo descriptiva para aplicar y analizar un

* Artículo inédito. Proyecto de investigación “El Lean Construcción como estrategia de mejora continua en empresas dedicadas a la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Cúcuta”.

**Ingeniera Civil, Correo electrónico: Carolinad990gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6712-4425>

***Ingeniera Civil, Correo electrónico: paoroca1@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4384-8987>

cuestionario basado en 10 preguntas de selección múltiple sobre las condiciones de dirección, control y principales fallas de los procesos constructivos. Los resultados demostraron que las empresas tienen un bajo nivel de implementación de la filosofía Lean y no se tienen en cuenta los principios de flexibilidad de procesos, gestión visual o verificación minuciosa del rendimiento de obra. Por lo tanto, se propusieron estrategias que pueden ser adoptadas por las empresas para generar valor agregado, entre las que se cuentan Last Planner System, Value Stream Mapping, Lean Project Delivery System, mediciones de pérdidas, SMED (Single-Minute Exchange of Die) y el método Kanban.

Palabras clave: lean construction, mejora continua, proyecto vial, presupuesto de obra.

Abstract

Lean Construction is based on the construction projects management that applies continuous improvement and Lean Manufacturing. This Lean method is based on the search that management proposes on continuous improvement, on the reduction of material losses and on the generation of added value for the final product. The objective of the article was to establish the benefits that Lean Construction offers as a continuous improvement strategy in companies dedicated to the Cucuta road infrastructure construction. The methodology was quantitative and descriptive to apply and analyze a questionnaire based on 10 multiple-choice questions about the management, control and main construction failures. The results demonstrated that companies have a low level of implementation of the Lean philosophy and do not take into account the principles of process flexibility, visual management or careful verification of work performance. Therefore, strategies that can be adopted by companies to generate added value were proposed, including Last Planner System, Value Stream Mapping, Lean Project Delivery System, loss measurements, SMED (Single-Minute Exchange of Die) and the Kanban method.

Keywords: lean construction, continuous improvement, road project, construction budget.

1. Introducción

Colombia es un país con importantes falencias a nivel de infraestructura vial y estudios como el último Reporte Global de Competitividad del Foro Económico Mundial del año 2016 reveló una mala calificación en el ranking

de calidad de vías respecto al analizado en el año 2007. Los resultados en calidad de vías ubicaron a Colombia en el puesto 86 de un total de 126, mientras que la infraestructura de transporte pasó del puesto 82 al 110 a pesar de las mejoras que se han logrado durante los últimos años. En el caso del departamento de Norte de Santander se cuenta con 8.614 kilómetros de carreteras, de las cuales 736 kilómetros son redes primarias a cargo del Gobierno Nacional con un 84% pavimentada y 16% afirmada. De las vías secundarias el 69% está afirmada, solo el 29% pavimentadas y el 2% sin pavimentar. De la malla terciaria, el 73% está sin pavimentar, apenas el 3% está pavimentada y el 24% afirmada [1].

Por su parte, el Departamento Nacional de Planeación presentó en el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 que una de las causas de mayor impacto del desarrollo económico y social del país se debe a las deficiencias de infraestructura logística y de transporte [2]. Por estos motivos, los últimos dos Gobiernos han promovido el mejoramiento de la infraestructura vial del país con las vías 4G (cuarta generación) para lograr cambios favorables en el mediano plazo en las condiciones de competitividad vial. En este sentido, el Departamento Nacional de Estadísticas [3] informó que en el año 2018 la construcción de obras civiles ha tenido aumento en las variaciones de pagos con el 5,3% y en la adquisición de obligaciones con el 5,2% frente al cuarto trimestre del año anterior, lo cual indica un incremento en la actividad empresarial del sector de infraestructura.

Por lo tanto, hoy en día se cuenta en diferentes regiones del país con proyectos para la construcción y mejoramiento de la infraestructura vial, pero son innegables las dificultades que se presentan tanto para la ejecución como para la culminación de las obras, que además de la corrupción, el exceso de burocracia y algunas veces, la falta de recursos [4], también se pueden presentar problemas por deficiencias en la calidad de la infraestructura, lo que resulta siendo una desventaja en materia de competitividad cuando se comparan los avances con otros países de la región que ya están a la vanguardia del sector.

En Colombia se requiere asumir una posición gerencial a nivel vial y para lograrlo se debe asumir una planificación a corto y largo plazo que permita atender con rapidez las necesidades de la red que aún tienen funcionalidad y pueden ser reparadas para garantizar un uso entre 25 y 30 años, como

también en la construcción de nuevas carreteras que tomarían más tiempo desde el diseño, cálculo, construcción y la entrega [5].

Para esto, el Gobierno propuso en el año 2016 el Plan Maestro de Transporte Intermodal con diferentes concesiones de cuarta generación para organizar el método de adjudicación vial y para hacer mayores exigencias a los constructores en cuanto al cumplimiento de indicadores claros en seguridad vial y eficiencia de las vías, garantizar a través de asociaciones público-privadas el uso de materiales de alta calidad e incorporar técnicas de gerenciamiento de vías de alta eficiencia como el mantenimiento preventivo [5].

Igualmente, el Gobierno Nacional de Colombia hizo un llamado a la transformación de la forma como se gerencian los proyectos viales, donde todos los actores involucrados, siendo el sector público, los contratistas, los proveedores y la comunidad misma, se coloquen a la altura del reto para mejorar y mantener la infraestructura del país. Tenemos la oportunidad de incorporar a nuestra cultura de tecnologías y procedimientos que, aunque son muchas veces nuevos para nosotros, ya han sido suficientemente aplicados con éxito en otras regiones del mundo [5].

Por lo tanto, se deben incorporar nuevas herramientas de mejora continua que permitan la construcción y la rehabilitación de vías con mejores especificaciones técnicas, y que inclusive a largo plazo tiene mayores beneficios económicos y medio ambientales. Las obras elaboradas con calidad y con buen mantenimiento preventivo reducen el tiempo de uso de equipos y de mano de obra, como también hace que las prácticas sean sostenibles al emplear menos del 50% de energía, materiales y riesgos para los trabajadores [5], siendo un aporte relevante en materia de competitividad empresarial y económica para el país. Por estas razones, en esta investigación se propuso como objetivo establecer los beneficios que ofrece el Lean Construction como estrategia de mejora continua en las empresas dedicadas a la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Cúcuta.

Lo anterior, hace que el análisis del Lean Construction como herramienta de mejora continua para los procesos merezca la atención, teniendo en cuenta

que la industria de la construcción es un eslabón fundamental en el aparato económico del país y cualquier esfuerzo que se haga para incorporar los nuevos sistemas de gestión que se implementan en las principales industrias constructoras del mundo, resulta relevante como materia de investigación [6]. El sector de la construcción fundamenta la gestión en los procesos operativos, por lo que se deja de lado el uso de herramientas gerenciales que permitan aumentar la dirección y control de resultados, siendo el principal interés de este trabajo para analizar las opciones de implementación del Lean Construction en las empresas dedicadas a la infraestructura vial.

2. Materiales y métodos

Esta investigación tiene como finalidad establecer los beneficios que tendría la implementación de la filosofía Lean Construction para promover la mejora continua en las empresas dedicadas a la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Cúcuta. El tipo de investigación fue descriptivo para comprender el nivel aplicación de herramientas gerenciales, las principales fallas de los procesos constructivos y para establecer oportunidades de mejora por medio del enfoque del Lean Construction [7].

El enfoque del estudio correspondió al cuantitativo, donde [7] recomiendan en los proyectos administrativos y gerenciales para hacer la recolección y procesamiento de datos numéricos y para el uso de técnicas estadísticas.

De acuerdo a lo anterior, la población correspondió al conjunto de empresas que se dedican a la construcción de obras viales y que están domiciliadas en la ciudad de Cúcuta. Según la Cámara de Comercio de Cúcuta en la actualidad se cuenta con 89 empresas dentro de la actividad económica de construcción de obras civiles.

Para la muestra se aplicó una técnica no probabilística para hacer una selección por conveniencia, teniendo en cuenta unos criterios de inclusión, tales como: a) Una trayectoria mayor a 5 años en el mercado para tomar empresas que tengan procesos más estandarizados con mediciones de eficacia en uso de recursos y cumplimiento de cronograma. b) Empresas con una planta de personal mayor a 10 trabajadores y que estén dispuestas de participar en el estudio para asegurar la obtención de información

confiable en la aplicación de la encuesta, c) Empresas que se dediquen y hayan realizado construcción de vías en pavimento rígido y flexible durante el año 2018 y 2019 para obtener datos actualizados sobre los procesos. La muestra estuvo conformada por 18 empresas que cumplieran con los criterios y que aceptaron participar en el estudio sobre Lean Construction en construcción de infraestructura vial.

La investigación se desarrolló en tres fases para: (1) Realizar un diagnóstico sobre los procesos técnicos que se aplican en la construcción de infraestructura vial, teniendo en cuenta los factores que interviene Lean Construction; (2) Identificar las técnicas y herramientas de la filosofía Lean Construction que se pueden utilizar para mejorar la efectividad de los procesos de las empresas analizadas; (3) Proponer estrategias que favorezcan la mejora continua de los procesos constructivos viales (Figura 1).

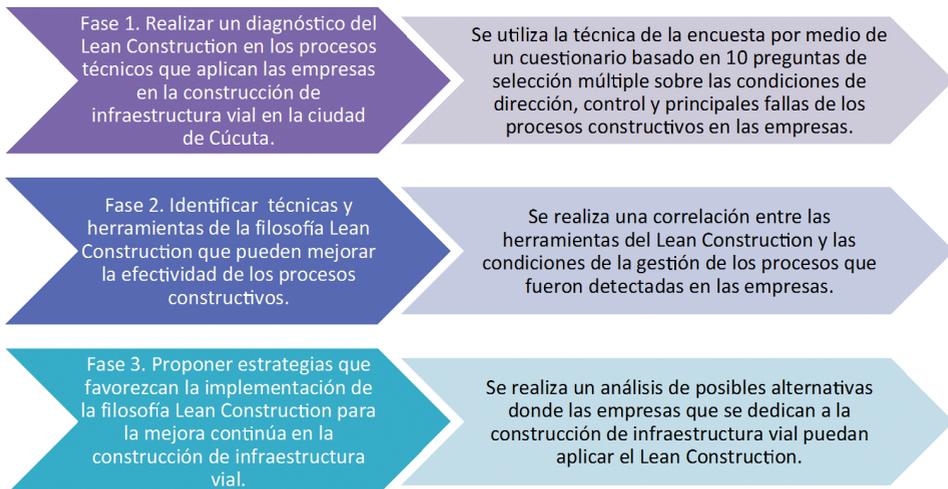


Figura 1. Fases y técnicas de recolección de información.

Fuente: Elaboración propia.

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación, se utilizó la técnica de la encuesta para aplicar un cuestionario de 10 preguntas con opciones de selección múltiple sobre el nivel de implementación del Lean Construction desde los niveles de dirección, control y procesos constructivos. Seguidamente, se diseñó una matriz para correlacionar las herramientas del

Lean Construction con las opciones de mejora que demandan los procesos detectados en las empresas encuestas, lo que finalmente, permitió hacer un análisis de los posibles beneficios que traería la implementación de esta herramienta, considerando aspectos como condiciones de los procesos y de las expectativas gerenciales de crecimiento y competitividad.

3. Resultados y discusión

Diagnóstico sobre los procesos técnicos que se aplican en la construcción de infraestructura vial, teniendo en cuenta los factores que interviene Lean Construction.

Se identificó que el 100% de las empresas encuestadas dedicadas a la construcción de edificaciones de la ciudad de Cúcuta se encuentran interesadas en la implementación de criterios de sostenibilidad en la ejecución de sus proyectos y la certificación de estos, mediante sellos voluntarios de certificación disponibles en el mercado nacional. Sin embargo, el 10% de estas afirmó no tener claridad acerca del término de construcción sostenible, y tan sólo el 55% de éstas estarían dispuestas a invertir entre un 5% y 10% más respecto a la construcción tradicional.

Para conocer la manera como las empresas dedicadas a la construcción vial gestionan sus procesos productivos bajo el enfoque de Lean Construction, se analizaron las encuestas que fueron aplicadas con los gerentes o directores de obra sobre las herramientas de mejora continua que se integran desde el direccionamiento, la planificación y el control de obra. Dentro de las técnicas y herramientas del Lean Construction que se tuvieron en cuenta para el análisis están las definidas en el programa TWI (Training Within Industry ó Entrenamiento en la Industria) que se diseñó para desarrollar en el personal tres habilidades: el Job Instruction (Instrucción del Trabajo), el Job Relations (Relaciones de Trabajo) y el Job Methods (Métodos de Trabajo) [8].

También, se tuvo en cuenta a Koskela [9], quien resalta el logro del éxito en las empresas constructoras por medio de la reducción de las actividades que no generan valor y la simplificación de los procesos o etapas productivas; sumado a los principios de Brioso [8], que propone

el uso de mecanismos más sofisticados y apoyados en el uso de software para lograr mayor flexibilidad y estandarización de los procesos, utilizar el enfoque de control, hacer uso de la gestión visual para el control operativo, la validación en etapas programadas, la toma de decisiones por consenso y establecer alianzas estratégicas o redes de apoyo.

En el primer componente de direccionamiento estratégico se definió que el 61% de las empresas consultadas ha asumido la mejora continua de los procesos en vista a que la trayectoria en el mercado les ha permitido implementar sistemas de gestión de calidad y/o seguridad y salud en el trabajo SGSST, lo que incluye acciones para la mejora y para la revisión de la gerencia. También se vio que únicamente el 28% de las empresas toman medidas para reducir la pérdida de materiales y apenas el 11% ha analizado la generación de valor agregado que se puede dar al producto final, como es el uso de aditivos plastificantes y fibras para acelerar el secado y el refuerzo de la estructura de pavimento rígido y de caucho granulado de reciclaje (GRC) para sumar resistencia y durabilidad al pavimento flexible (Figura 2).

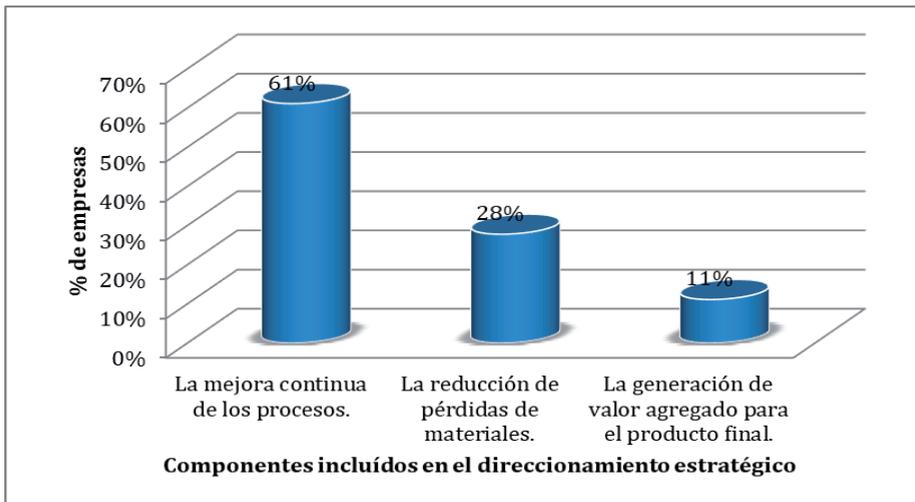


Figura 2. Componentes que integran el direccionamiento estratégico de las empresas.

Fuente: Autores.

En la etapa de planificación se conoció que algunas técnicas de Lean

Construction no se aplican con frecuencia en las empresas consultadas, viendo que solo el 17% se preocupa por el aumento de la flexibilidad de los procesos, aunque el 61% ya tiene acciones para hacer un control de producción apropiado y para mantener procesos estandarizados. El 67% respondió que realiza la toma de decisiones por consenso y consultando al personal (directores de obra, ingenieros residentes e interventores) para considerar todas las alternativas; el 83% utiliza la gestión visual para el control de las obras (software) y el 100% de estas empresas hace la verificación y validación de la calidad de la vía en etapas programadas y hacen uso de redes de contactos o alianzas estratégicas para asegurar el cumplimiento de los resultados en obras (Figura 3).

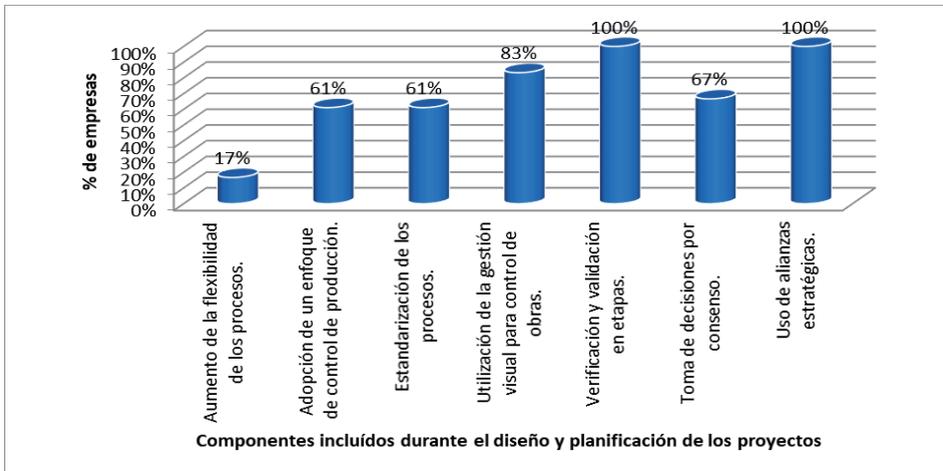


Figura 3. Componentes incluidos durante el diseño y planificación de los proyectos.

Fuente: Autores.

Estos resultados indicaron que las empresas hacen uso de técnicas tradicionales para el diseño y planificación, como es la validación de resultados y el apoyo con otros profesionales en diseño y cálculo de estructuras, pero según Brioso [8], no se cumple con los principios del Lean Construction, entre los que se encuentra la flexibilidad, estandarización, adopción de enfoques de control y toma de decisiones para mejorar la eficacia de los procesos. Igualmente, Porras [6] explica que es muy común el uso de ayudas visuales básicas como es el diagrama de Gantt, pero que se reflejan fallas en un nivel más especializado de planificación por la falta de

mecanismos de control de procesos que permitan coordinar el diseño, los proveedores, los recursos humanos y los requisitos previos para el trabajo de las cuadrillas en obra.

Dentro del Lean Construcción es importante el uso de información veraz para la planificación de los proyectos, por lo que se conoció que la totalidad de empresas utilizan los datos sobre rendimientos mínimos o estándares y sobre la experiencia que logran en proyectos anteriores, aunque el apenas el 83% también tiene en cuenta los aportes de los ingenieros residentes y el 67% la información que consolida el director de obra de cada proyecto (Figura 4), siendo favorable por el uso de información como premisa de la planificación, pero desfavorable por la falta de integración de los responsables de la ejecución del proyecto para identificar posibles fallas o restricciones que pueden retrasar las obras.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Brioso [8], donde las empresas constructoras normalmente tienen datos acumulados sobre rendimientos de materiales y de mano de obra de proyectos anteriores, pero hace falta aplicar técnicas de planificación colaborativa, donde se integren los especialistas y las áreas de soporte para la identificación de aspectos clave de éxito y de las restricciones de actividades que se puedan presentar durante la etapa de ejecución. También Porras [6], indica que la planificación se debe coordinar con los diferentes involucrados en el proyecto para identificar, filtrar y analizar la información que entra y que sirve para asegurar que las actividades estén libres de restricciones.

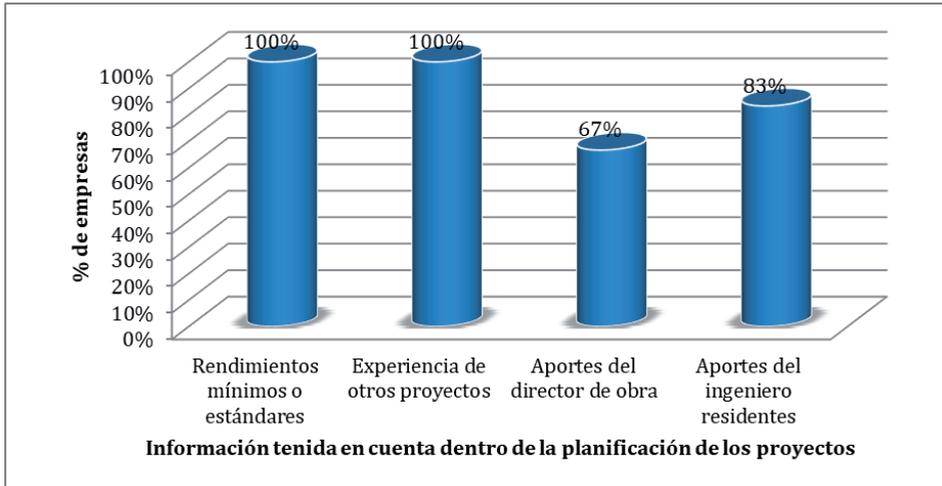


Figura 4. Información tenida en cuenta dentro de la planificación de los proyectos.

Fuente: Autores.

Para analizar la integración tecnológica en la búsqueda de la mejora continua se definieron las principales herramientas de planificación que las empresas utilizan en los procesos productivos, observando que el más común es el presupuesto de obra que se maneja en hojas de cálculo con el 100%, aunque el 83% también utiliza MS Project para organizar las actividades requeridas en cada etapa de construcción vial y el 67% emplea los cronogramas tipo Gantt con indicadores de cumplimiento de avance de obra para hacer el seguimiento. A pesar de lo anterior, otras herramientas más especializadas que recomienda el Lean Cosntruction no se utilizan, tales como el sistema del Último Planificador (Last Planner) (0%), Justo a tiempo (Just in time) (0%), mapas de cadena de valor (Value Stream Mapping) (0%) y el Sistema de Entrega de Proyectos (Lean Project Delivery System) (0%) (Figura 5).

Estos resultados son desfavorables para la eficacia de las empresas constructoras, ya que según Brioso [8], la planificación basada en el uso de estas herramientas es necesaria para aumentar la productividad, lo cual mejora la eliminación de esperas en obra, optimiza las actividades que se realizan en secuencia y se coordina la ejecución de las obras con mayor interdependencia. De forma similar, Porrás [6] asegura que estas herramientas de Lean Construction le podrían aportar a las empresas un

enfoque práctico, donde los gerentes y los jefes de equipo pueden asumir una planificación colaborativa para alcanzar un alto grado de confiabilidad en el cumplimiento de las fechas de entrega y en la reducción de pérdidas.

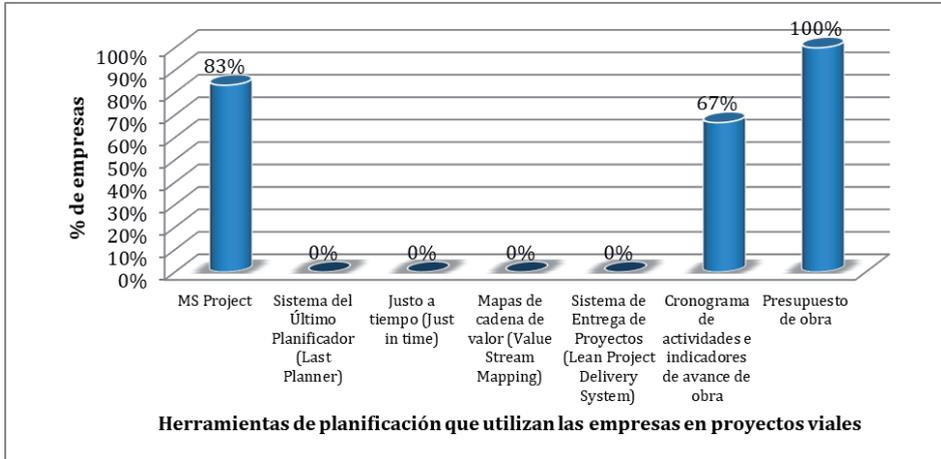


Figura 5. Herramientas de planificación que utilizan las empresas en proyectos viales.

Fuente: Autores.

En el componente de control de gestión, el Lean Construction considera la efectividad de las instrucciones de trabajo (Job Instruction) y los métodos empleados (Job Methods) para reducir las pérdidas de tiempo y recursos, donde el 100% de las empresas relacionaron que se han tomado acciones puntuales para la prevención de accidentes laborales, pero solo el 61% de las mismas hacen control del desperdicio de los materiales y el 78% toma acciones para reducir los tiempos y movimientos del proceso, con el fin de minimizar los desplazamientos de maquinaria, materiales y personal a lo largo de la vía en construcción (Figura 6).

Esta situación indica que las empresas están adoptando medidas de control donde tienen mayores regulaciones, como es el caso del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, pero no en campos de mejora continua, como es la producción Lean o producción sin pérdidas [6].

Según Briosio [8], la aplicación de los pilares del Lean relacionados con el programa TWI (Training Within Industry ó Entrenamiento en la Industria),

podrían ayudar a que estas empresas reduzcan el desperdicio de materiales, el rechazo de trabajos hechos, posibles daños en equipos, la incorporación de nuevos trabajadores e incluso la disminución de accidentes de trabajo.

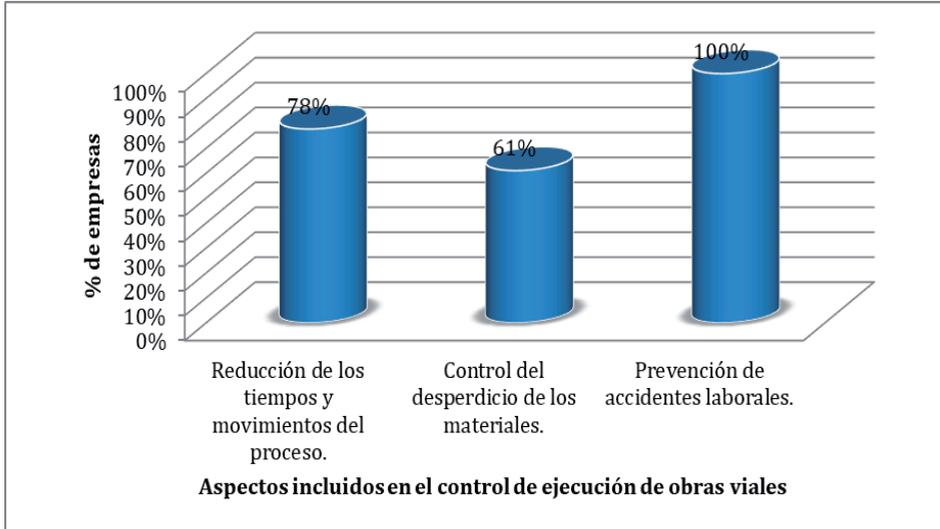


Figura 6. Aspectos incluidos en el control de ejecución de obras viales.

Fuente: Autores.

En la Figura 7 se establecieron las empresas que registran problemas de construcción y que afectan la calidad de las obras viales, como son los defectos con el 83% de las mismas, las demoras en iniciar actividades y cuando se presenta excesos de procesado (asfáltico o cemento) con el 61%, como también cuando se acumulan inventarios en el almacén en terreno con el 39%. No se contaron empresas que midan aspectos como el transporte de materiales innecesario o el movimiento no útil de personal.

Según Brioso [8], esto indica que algunas empresas aplican herramientas del Lean Construction, pero debe generalizarse la detección de los problemas que se pueden presentar durante las obras, teniendo en cuenta el nivel de estandarización y de la exactitud en las instrucciones de trabajo (Job Instruction) y los métodos utilizados (Job Methods).

En el caso específico del transporte de personal y materiales, es necesario revisar la habilidad de dar instrucciones (Job Instruction), teniendo en cuenta la interdependencia y secuenciación de actividades, ya que se

pueden generar reprocesos y sobrecostos en la operación o contratación de vehículos.

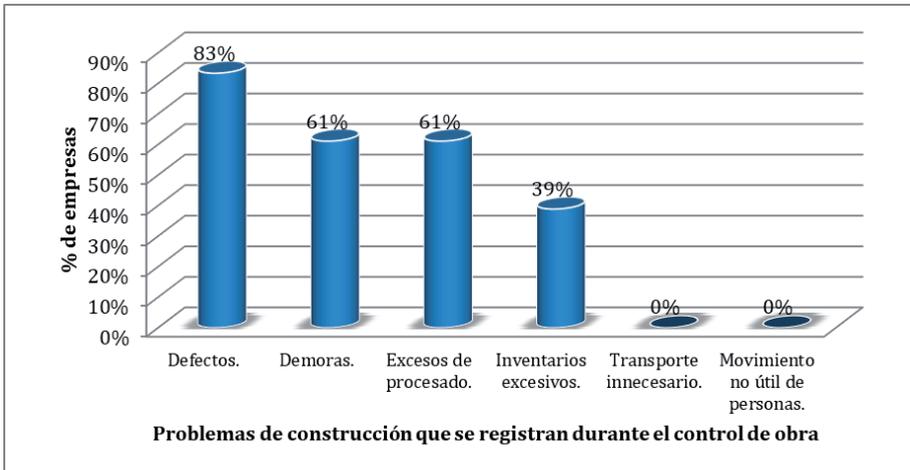


Figura 7. Problemas de construcción que se registran durante el control de obra.

Fuente: Autores.

Además de lo anterior, se analizaron los aspectos relacionados con las fallas más comunes que se presentan en obra, con el fin de establecer más adelante una relación con la carencia de herramientas de Lean Construction. Se definió que el 94% de las empresas tienen con frecuencia retrasos por equipos, herramientas o materiales insuficientes en obra, caso similar al 89% de las mismas que tiene pérdidas de tiempo por desplazamientos innecesarios que ocurren por falta de planificación, el 83% tiene contratiempos por incumplimiento de las especificaciones y cambios en el diseño (base, subbase granular y capa asfáltica) y el 78% por la acumulación de materiales en momentos no esperados (se generan almacenes e inventarios innecesarios).

Otros factores deben ser tenidos en cuenta para controlar los procesos y que tienen baja aplicación, como es el caso del 44% de empresas que miden la inactividad de obra por mal ambiente de trabajo o por el exceso de trabajadores en un momento dado (sobreproducción). El 39% de empresas miden los retrasos generados por esperar actividades anteriores o que quedan mal realizadas y el 28% mide las pérdidas de tiempo por fallas en instrucciones de trabajo (fuera de los estándares) (Figura 8).

De acuerdo con Parra [6], las causas de esta situación radican en el uso de conceptos limitados de planificación (no utilizan la filosofía Lean), ya que no se consulta a los jefes de obra, ingenieros residentes y maestros de obra, haciendo que la gerencia planifique sin tener la certeza de contar con los recursos necesarios en el momento exacto para ejecutar las actividades. En otras palabras, no se utilizan herramientas como Las Planner, que permite reducir el error y la incertidumbre en la ejecución del proyecto. Según Granados [10], también estos problemas se deben a trabajadores poco capacitados que ocasionan retrasos en la producción, además de desorganización y poca agilidad al ejecutar los procedimientos.

Por su parte, Brioso [8], explica que las principales consecuencias de los proyectos convencionales, sin filosofía Lean, siempre serán los retrasos en el cronograma de obra y los sobrecostos en el presupuesto establecido inicialmente. Teniendo en cuenta esta situación, es normal que se presenten afectaciones en la rentabilidad de las empresas constructoras y para los usuarios de las obras viales, tanto por la limitación de la movilidad, como por el sobrecosto, que normalmente se representa en adiciones de cantidades de obra y en menor eficacia en el uso de los recursos públicos.

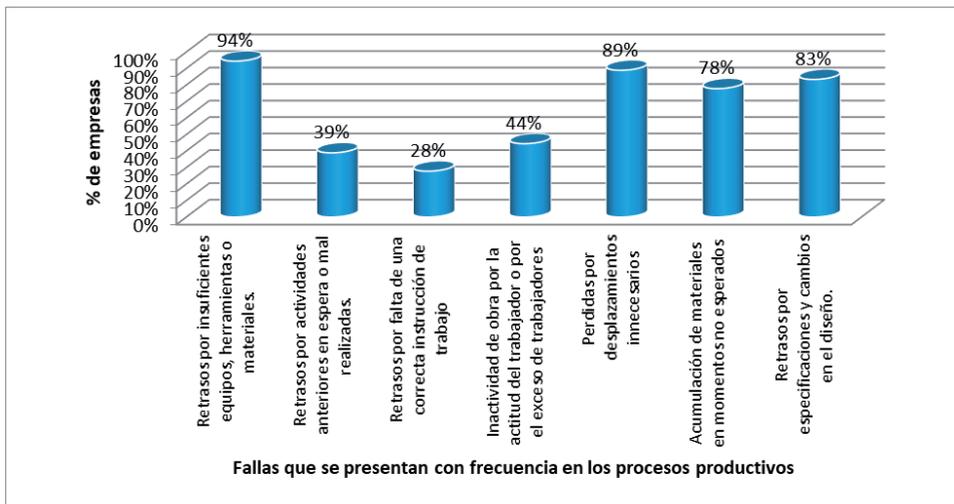


Figura 8. Fallas que se presentan con frecuencia en los procesos productivos.

Fuente: Autores.

Luego de analizar las fallas más relevantes en los procesos constructivos, se definieron las actividades que consumen mayormente las horas extras del personal, lo cual tiene repercusiones directas en las relaciones de trabajo (Job Relations) y en los sobrecostos. El 89% de empresas concordó que durante la colocación de pavimento es necesario extender la jornada de trabajo para evitar el secado o enfriamiento del material (rígido o flexible), pero para el 50% de las mismas las horas extras se requieren cuando se debe colocar la sub base y base de material granulado, para el 28% se utilizan con frecuencia para las obras de arte y drenaje, y el 17% utiliza más horas del personal para hacer el movimiento de tierras y para las obras de señalización (verticales y horizontales) (Figura 9).

Los resultados anteriores indicaron que las actividades productivas de las empresas que se compensan en horas extras (sin tener en cuenta actividades preliminares) en promedio son del 40%, lo que es similar al promedio nacional del 48,2%, mientras que en Medellín fue de 47,2%, en Bogotá 45,4% y en Manizales 51,3% [11], De acuerdo con Porras [6], las causas del consumo de horas extras responden a falta de herramientas que apoyen la planificación, por lo que frecuentemente se va a presentar variación en la productividad, mayores tiempos de espera y relaciones ineficaces en el personal. Para Pérez [12], evitar el desperdicio en costo y tiempo del personal en las obras es uno de los objetivos de la filosofía Lean, por lo que se deben sincronizar los pedidos y las entregas de materiales, equipos e insumos en cada etapa del proyecto, lo que evidencia la falta de utilización de herramientas más especializadas de planificación y control.

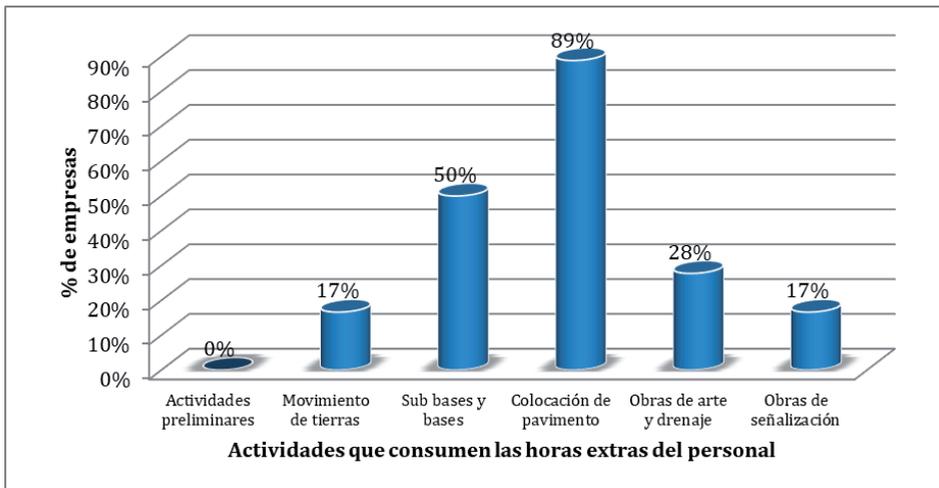


Figura 9. Actividades que consumen las horas extras del personal.

Fuente: Autores.

Por último, se preguntó sobre diferentes herramientas de análisis, entre las que se cuentan las recomendadas por el Lean Construction para analizar fallas, retrasos y desperdicios de procesos y que utilizan estas empresas. Se estableció que el 61% de empresas hacen análisis de causas y efectos y diagrama de Pareto para hacer el reporte de no conformidades y de acciones correctivas/preventivas, aunque el 39% de las mismas aplica la técnica 5'S. Otras herramientas muy utilizadas en la filosofía Lean no se emplean (0%), las cuales son la medición de pérdidas (Prueba de los cinco minutos), SMED (Single-Minute Exchange of Die) y Método Kanban (Figura 10).

De esta manera, se determinó qué entre las herramientas más utilizadas por las empresas encuestadas, solo la técnica de 5'S puede aportar en la reducción de desperdicios y cumplimiento de instrucciones de trabajo que busca el Lean Construction. Sin embargo, tomando como referencia el 39% de utilización de la técnica de 5'S de Cúcuta, resultó mayor a un estudio realizado en República Dominicana que mostró el 16,67% de implementación en empresas de construcción, mientras que las herramientas no Lean, como son Pareto y diagrama de causas y efectos fue del 33,3% [12]. Según Granados [10], otras herramientas como la medición de pérdidas o prueba de los cinco minutos pueden ser utilizadas por estas empresas para estandarizar tiempos de productividad y se aplicaría con operarios

en la obra directamente, para cuantificar los tres tiempos característicos de actividad en construcción (tiempos productivos: que agregan valor a la obra; tiempos contributivos: contribuyen a que se agregue valor; y no contributivos: pérdidas).

Por su parte, la herramienta SMED tampoco es utilizada por las empresas en Cúcuta, aunque la Consultora Lean Solutions [13] la recomienda para que desde la gerencia se reduzcan los tiempos utilizados para el alistamiento de máquinas, como son cambios de compactadoras, niveladoras, rodillos, mezcladora de asfalto, distribuidor de asfalto, entre otros. Finalmente, según Pérez (2019) el método Kanban es una herramienta importante para empresas que realizan proyectos viales complejos, ya que permite establecer un flujo de producción en concordancia con la cantidad de material que se va necesitando en el tiempo y lugar preciso, lo que optimiza la colocación y secado del asfalto rígido o flexible en cada uno de los tramos de la obra.

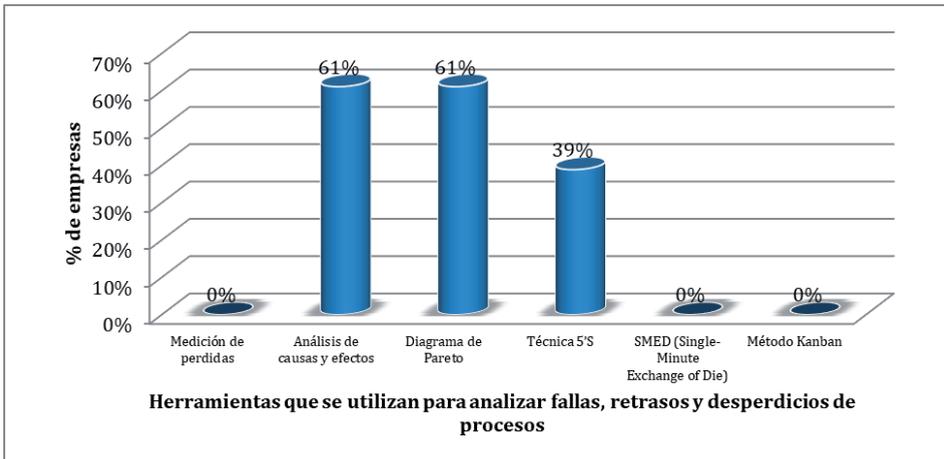


Figura 10. Herramientas que se utilizan para analizar fallas, retrasos y desperdicios de procesos.

Fuente: Autores.

Identificación de las técnicas y herramientas de la filosofía Lean Construction para mejorar la efectividad de los procesos

Ahora bien, luego de identificar las condiciones de los procesos técnicos y las opciones de mejora que tienen las empresas en la construcción de

infraestructura vial se efectuó una correlación para determinar el tipo de herramientas del Lean Construction que no se están utilizando en este sector industrial en la ciudad de Cúcuta. Se aplicó una matriz de correlación utilizando la información obtenida en el resultado de las encuestas frente a las herramientas Lean Construction que se pueden usar para las etapas de planificación y para el control de ejecución de obra. La valoración se realizó con una escala de 0 a 5, donde 0: relación nula, 1: relación baja, 3: relación media y 5: relación alta (Tabla I).

Tabla I. Herramientas del Lean Construction que no utilizan las empresas de infraestructura vial.

Lean Construction	Herramienta Lean Construction para planificación				Herramienta Lean Construction para control					
	Last Planner	Just in time	Value Stream Mapping	Lean Project Delivery System	Prueba de los cinco minutos	Causas y efectos	Diagrama de Pareto	Técnica 5'S	SMED	Kanban
Porcentaje de empresas que aplican técnicas de planificación y control										
Planificación										
MS Project (83%)	0	0	0	0	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Cronograma de actividades (67%)	0	0	0	0	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Indicadores de avance de obra (67%)	0	0	0	0	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Presupuesto de obra (100%)	0	0	0	0	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Control										
Análisis de causas y efectos (61%)	N.A	N.A	N.A	N.A	0	3	0	0	0	0
Diagrama de Pareto (61%)	N.A	N.A	N.A	N.A	0	0	3	0	0	0
Técnica 5'S (39%)	N.A	N.A	N.A	N.A	0	0	0	3	0	0
Sumatoria	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0

Fuentes: Autor.

El resultado de la Tabla I, permitió establecer que las empresas analizadas tienen implementación nula de herramientas Lean Construction en la etapa de planificación de proyectos viales (Last Planner, Just in time, Value Stream Mapping y Lean Project Delivery System), mientras que la implementación es media en algunas herramientas de la etapa de control de ejecución de obra, como son el diagrama de causas y efectos, el diagrama de Pareto y la técnica 5'S, mientras que en otras como la medición de perdidas (prueba de los cinco minutos), SMED (Single-Minute Exchange of Die) y el método Kanban no se emplean actualmente.

Estrategias para la mejora continua de los procesos constructivos viales

A continuación, en la Tabla II se relacionan las estrategias para la mejora continua de los procesos viales.

Tabla II. Estrategias de mejora continua para procesos constructivos viales basado en filosofía Lean Construction.

Estrategia de mejora	Herramienta Lean Construction	Descripción	Opciones para su implementación	Procesos involucrados
Para la planificación del proyecto	Last Planner (Sistema del Último Planificador)	Es una aplicación que se basa en la mejora de métodos tradicionales de planificación para reducir la incertidumbre y la variabilidad en la etapa de ejecución de las obras [12].	Empresa consultora Kommerling, [14]; Software Autodesk BIM 360 Software Lean Station Software Cocoplan	Procesos gerenciales y operativos. Reduce tiempos de espera y ayuda a organizar las actividades de forma secuencial.
	Value Stream Mapping (Mapeo de la Cadena de Valor)	Es una aplicación apoyada en técnicas como Just in time para identificar oportunidades de mejora mediante una imagen visual del proceso y analizar las dinámicas en el flujo de materiales e información requerida para cada fase de un proyecto [8].	Empresa consultora Lean Solutions [13]. Software VSM	Procesos gerenciales y operativos. Presenta de forma gráfica el flujo de información y de producto de un proyecto.
	Lean Project Delivery System (Sistema de Entrega de Proyectos)	Esta aplicación apoya la gestión directiva y operativa de los proyectos, mediante la coordinación de tareas, objetivos e intereses de las partes que cumplen funciones específicas dentro de un proyecto [8].	Lean Construction Institute [15]: Modelo LPDS	Procesos gerenciales y operativos. Permite tener un sistema para la entrega oportuna de proyectos.

Fuente: Autores.

Continuación Tabla II. Estrategias de mejora continua para procesos constructivos viales basado en filosofía Lean Construction.

Estrategia de mejora	Herramienta Lean Construction	Descripción	Opciones para su implementación	Procesos involucrados
Para el control de ejecución	Prueba de los cinco minutos	Técnica que permite cuantificar las pérdidas de las actividades de construcción en un muestreo de 5 minutos de trabajo en obra [10].	Porras [6]. Modelo BIM	Procesos operativos. Analiza el rendimiento de una cuadrilla en obra. Elimina labores o reduce trayectos que no generan valor al proceso.
	SMED (Single-Minute Exchange of Die)	Herramienta para la reducción de tiempos usados en el alistamiento de máquinas (cambios de molde, troquel, etc.)	Empresa consultora Lean Solutions [13]. Sistema SMED	Procesos operativos. Optimiza el tiempo de uso de maquinaria y equipos complejos. Aumenta la capacidad operativa y la flexibilidad del proceso.
	Método Kanban	Técnica para intercambiar información entre operarios, logística, proveedores y clientes usando sistemas de etiquetado de productos.	Empresa consultora Lean Solutions [13]. Sistema Kanban	Procesos de almacén. Utiliza códigos de barras o QR de forma automatizada. Mejora control de inventarios, pérdidas de producto y retrasos en obra por falta de materiales.

Fuentes: Autor.

Conclusiones

Se determinó que los procesos técnicos de las empresas de construcción de infraestructura vial de la ciudad de Cúcuta se enfocan en la planificación de proyectos, en la mejora y en la estandarización de procesos para mantener los tiempos y presupuestos de ejecución dentro de los parámetros esperados, pero no se aplica la filosofía Lean Construction que puede representar mayor optimización de recursos y generación de valor agregado para el producto final.

Aunque algunas empresas aplican técnicas de control de procesos como el diagrama de causas y efectos, el diagrama de Pareto y la técnica 5'S, que son acordes al nivel de estandarización que han alcanzado durante los años de trayectoria, pero se evidenció que no utilizan herramientas del Lean Construction como son Last Planner, Value Stream Mapping, Lean Project

Delivery System, medición de pérdidas (prueba de los cinco minutos), SMED (Single-Minute Exchange of Die) ni el método Kanban.

Se definieron estrategias que sin duda pueden favorecer la mejora continua de los procesos constructivos viales, las cuales incluyen el uso de herramientas de la filosofía Lean Construction para gestionar desde el nivel gerencial y operativo la reducción de tiempos de espera y de desperdicios, la organización de actividades de obra de forma secuencial y el uso de software y medios visuales para visualizar el gran flujo de información y de productos (recursos y desperdicios) que se pueden presentar en un proyecto.

Referencias

- [1] La Opinión. “Gobernación de Norte de Santander. Inventario vial del departamento”, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.laopinion.com.co/region/las-claves-de-norte-de-santander-en-infraestructura-vial-143235#OP>
- [2] Departamento Nacional de Planeación. “Plan nacional de desarrollo 2014-2018”, 2014.
- [3] Departamento Nacional de Estadísticas. “Boletín técnico. Indicador de inversión en obras civiles”, 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/obras/bol_obr_civi_IVtrim18.pdf
- [4] N. Urdaneta. La infraestructura vial de Colombia: un reporte de la Cuarta Generación de Concesiones y la Ruta del Sol, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://revistasupuestos.com/ciudad-y-vida-urbana/2017/6/2/la-infraestructura-vial-de-colombia-un-reporte-de-la-cuarta-generacin-de-concesiones-y-la-ruta-del-sol>
- [5] C. Paiva. Gerenciar vías para construir un país competitivo, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/infraestructura/gerenciar-vias-para-construir-un-pais-competitivo-2822741>

[6] H. Porras, O. Sánchez, y J. Galvis, “Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual”. *Avances Investigación en Ingeniería*, vol. 1, no. 11, pp.1794-4953, 2014. Doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298

[7] C. Hernández, R. Fernández, y L. Baptista. *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill, 2014.

[8] X. Brioso. “El análisis de la construcción sin pérdidas (lean construction) y su relación con el project & construction management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación” (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, 2015.

[9] L. Koskela. *Application of the New Production Philosophy to Construction*, CIFE Technical Report #72, Department of Civil Engineering. USA: Stanford University ,1992.

[10] A. Granados. *La prueba de los cinco minutos y Last Planner*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Tecnología en Construcciones Civiles. Bogotá, Colombia, 2013.

[11] J. Martínez. *Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2011.

[12] E. Pérez. *Nivel de implementación de Lean Construction en República Dominicana*. Universidad Politécnica de Valencia. (Tesis de Maestría). Valencia, España, 2019.

[13] Lean Solutions. *Conceptos de lean*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/smed-single-minute-exchange-of-die/>

[14] Kommerling. (2019). *Herramientas para Lean Construction*. [En línea]. Disponible en: <https://retokommerling.com/herramientas-para-lean-construction/>

[15] Lean Construction Institute. *Lean project delivery system*, 2000.