

PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

ISSN: 2683-1597



Cómo citar este artículo:

Arboleda López, S. A., & Valencia Aguiar, A. G., & Rivera Bedoya, V., Rico Pérez, A., & Bedoya Gutiérrez, M. A. (2022). Gestión de herramientas de inteligencia de negocios para el diagnóstico de la categoría comercial de inocuidad en un entorno empresarial ecuatoriano. *Project, Design and Management*, 4(2), 298-314. doi: 10.35992/pdm.4vi2.1110

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO EN EL SECTOR CONSTRUCTIVO COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN EN PROYECTOS DE VIVIENDAS EN ALTURA

Sergio Andrés Arboleda López

Universidad Nacional de Colombia (Colombia)

sergio.arboleda@colmayor.edu.co · <https://orcid.org/0000-0003-3622-7795>

Annie Gisel Valencia Aguiar

Colegio Mayor de Antioquia (Colombia)

Valencia0530@hotmail.com · <https://orcid.org/0000-0002-1825-0097>

Valentina Rivera Bedoya

Colegio Mayor de Antioquia (Colombia)

valentinrivera.02@hotmail.com · <https://orcid.org/0000-0002-8321-8843>

Alejandra Rico Pérez

Colegio Mayor de Antioquia (Colombia)

maria.rico@colmayor.edu.co · <https://orcid.org/0000-0002-9376-1874>

Mónica Andrea Bedoya Gutiérrez

Colegio Mayor de Antioquia (Colombia)

Monica.bedoya@colmayor.edu.co · <https://orcid.org/0000-0002-5604-776X>

Resumen. Este proyecto de investigación evalúa la gestión de la cadena de abastecimiento como herramienta de planificación de proyectos de construcción de viviendas en altura; su alcance está en determinar las causas principales y secundarias que inciden en la productividad de dichos proyectos. Lo anterior, a través de una encuesta muestral autoadministrada de tipo analítico, donde se seleccionó una población de pequeñas y medianas empresas constructoras de la ciudad de Medellín, enfocadas en viviendas en altura; encuestando a auxiliares de residencia, maestros, directores de obra, almacenistas, entre otros. La información se evaluó a través de diagramas de Pareto y análisis de causa raíz, teniendo en cuenta la regla del 80/20; cuyos resultados arrojaron que los eslabones que componen la Gestión de la Cadena de Abastecimiento como proveedores, entrega de pedidos y almacenamiento funcionan de forma separada, lo que delimita la generación de valor en dichas empresas. Y que, en este caso el desconocimiento de la filosofía Lean Construction conlleva a una inadecuada logística de los tiempos de espera y los tiempos ociosos. Adicionalmente, se encontró que estas empresas no incorporan la gestión logística como herramienta integral de procesos internos y externos de la obra, evadiendo el modelo de justo a tiempo para el aprovisionamiento de recursos.

Palabras clave: Gestión logística, optimización de recursos, gestión de stocks, productividad, Cadena de abastecimiento.

SUPPLY EVALUATION CHAIN MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION SECTOR AS A PROJECT PLANNING TOOL IN HIGHRISE BUILDINGS

Abstract. This research project evaluates supply chain management as a planning tool for high-rise housing construction projects. Its scope is to determine the main and secondary causes that affect the productivity of these projects. What is mentioned previously is assessed through a self-administered analytical sample survey, where a population of small and medium construction companies in the city of Medellín was selected, focused on high-rise housing; surveying residence assistants, teachers, construction managers, storekeepers, among others. The information was evaluated through Pareto diagrams and root cause analysis, considering the 80/20 rule; The results of which showed that the links that make up the Supply Chain Management as suppliers, delivery of orders and storage work separately, which defines the generation of value in these companies. In this case, ignorance of the Lean Construction philosophy leads to inadequate logistics of waiting times and idle times. Additionally, it was found that these companies do not incorporate logistics management as an integral tool for internal and external processes of the work, evading the just-in-time model for the provision of resources.

Keywords: Logistics Management, Resource Optimization, Inventory management, supply chain, productivity.

Introducción

Para la construcción, la gestión logística es un área de vital importancia para el mejoramiento continuo de procesos de abastecimiento, producción y distribución de recursos; por lo tanto para el constructor, es necesario apropiarse del contenido de esta área del conocimiento con el ánimo de, no solo estandarizar los procedimientos, sino, optimizar los tiempos de soporte de las obras y todo lo relacionado con la asignación de roles y funciones específicas para llevar a cabo los planteamientos que se postulan en los planes logísticos para la administración y el control de los recursos.

Planteamiento del problema

La Gestión de la Cadena de Abastecimiento (CA), más conocida como “Procurement Supply Chain Management”, es un concepto relativamente nuevo; esta se puede definir como

Una red de medios de distribución de instalaciones cuya función está basada en la obtención de materiales, la conversión de los mismos en productos terminados y la distribución correspondiente en el mercado; se puede decir que la CA se concentra en tres elementos fundamentales: el abastecimiento, la fabricación (producción) y la distribución (comercialización) (Malagón et al. 2012, pp 12).

La gestión del conocimiento en la cadena de suministro en el sector de la construcción tiene características particulares, las cuales se pueden identificar como preconstrucción: etapa que incluye todas las actividades previas al inicio del proyecto; construcción: etapa que se encuentra ligada a desarrollar las tareas de coordinación de todas las partes implicadas como el control permanente de tiempos, costos y calidad. Y finalmente la etapa de disolución, relacionada con gestionar la transferencia de conocimiento desde dos perspectivas; proyecto a proyecto y proyecto empresa, por lo que se configuran para cada proyecto constructivo, debido

a que cada uno implicará determinados requerimientos por parte del cliente de una infraestructura o elemento constructivo (Capó, 2005, p. 3).

En consecuencia, la gestión de este proceso de suministro se vuelve de vital importancia para percibir la conformación, coordinación y gestión de la CA de cada uno de los proyectos de construcción.

La gestión de abastecimiento en la industria de la construcción en Colombia, se ha caracterizado por presentar retrasos considerables respecto a otras industrias en el área de la planificación, específicamente por la falta de estandarización, medición y control de procesos; si se tiene en cuenta que las actividades de soporte como el aprovisionamiento, recepción y almacenamiento de recursos, representan algo más del 20% del tiempo empleado en las actividades de construcción. (Fonseca, 2011, p. 25).

Adicionalmente, muchas de las pérdidas en los proyectos se dan por largos tiempos de espera debido al déficit de dichas actividades de soporte, lo que significa que un 31% del tiempo empleado es susceptible de ser reducido mediante el enfoque de la gestión logística aplicada. (Fonseca, 2011, p. 25).

Por lo tanto, esta investigación analiza las principales características de la cadena de suministro en las PYMES constructoras de viviendas en altura de la ciudad de Medellín; y su implementación dentro de dichas organizaciones; con la finalidad de identificar las problemáticas presentadas en la logística utilizada para el abastecimiento de materiales en los procesos de ejecución de una obra.

Marco teórico

La industria de la construcción posee uno de los mayores aportes al PIB mundial causando un gran impacto en la productividad e indicadores económicos mundiales; en el caso de Colombia, el Boletín Técnico del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) sobre “Indicadores económicos alrededor de la construcción – IEAC” del segundo trimestre 2018 – 2019, mostró un aumento positivo al PIB por parte de diferentes países, dentro de los cuales destaca Colombia con un aumento del 0,6%. (Económicos, 2019).

Teniendo en cuenta dichas estadísticas, este trabajo se enfocó en la importancia de apuntarle a las falencias que se presentan en el ámbito de la construcción a diferentes escalas; en este caso, se trató el fallo en el proceso de planeación de proyectos, ya que, Zou (2017), plantea que los factores determinantes del nivel de eficiencia de estos en el ámbito de la construcción se ubican en las etapas iniciales (p. 89); es por ello, que uno de los focos de mayor atención frente a dicha planeación llevó a la posibilidad de utilizar nuevas tecnologías y metodologías.

Por consiguiente, tomando como foco central el mejoramiento del nivel de eficiencia de la planeación de proyectos, se plantea como nueva metodología, la Gestión de la Cadena de Suministro, utilizada en varios sectores industriales como herramienta para lograr una integración racional y sistemática entre proveedores, clientes y la empresa como tal.

Consecuentemente, el trabajo conjunto de todos estos elementos apunta a la mejora de las condiciones de entrega, calidad y oportunidad; objetivándose el plan de trabajo de compras previendo las necesidades, la garantía de mejores precios, calidad, entrega oportuna, plazos de entrega, cumplimiento de especificaciones, rotación de existencias, evitar el riesgo de obsolescencia, fuentes alternativas de suministro, contratos de compra, relaciones favorables con los proveedores, plantillas de compras, formación del personal, registro de la información e integración con las demás áreas de la empresa. (Ferrín, 2007).

En función de lo anterior, Capó, (2007) afirma que, es necesario trabajar con contratistas más especializados en los procesos constructivos, dejando de lado la preocupación por la guerra de precios y concentrándose en entregar proyectos en los que se optimicen los tiempos de ejecución y se garantice la calidad. Para ello, se deberá tener en cuenta la interacción de los eslabones de la cadena de suministro en la construcción, describiendo los niveles y características de su integración, así: en primer nivel, los contratistas y consultores: porque generan y entregan información vital en las fases de diseño y especificaciones, teniendo claras las leyes aplicables en los proyectos y una experiencia comprobada. En el segundo nivel se encontró a los subcontratistas que son empleados por su nivel de experiencia en diferentes fases del proyecto; en tercer lugar, a los proveedores de materiales de construcción que pueden ir desde ferreterías hasta comercializadoras especializadas de gran nivel; al final a los productores de los materiales antes mencionados. (London, 2001).

A partir de lo mencionado, se convierte en una herramienta de vital importancia la planificación *layout* y la gestión de la CA en el sector de la construcción.

La planificación *layout* se refiere a la planeación de la distribución y ubicación de las instalaciones aplicables a plantas nuevas como existentes, que hacen parte de la logística aplicada a la optimización de los sitios en donde se llevan a cabo los procesos productivos; su objetivo “para la efectiva conformación de una cadena de suministro óptima es minimizar tiempos y desplazamientos y facilitar la ubicación de productos” (Fonseca, 2011, p. 44). De acuerdo con la Universidad Politécnica del Bicentenario (2017), se debe incorporar el flujo de los materiales en el estudio de esta distribución, organizándolo de manera racional y estableciendo una serie de fases que permitan identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en esta implantación.

Por lo anterior, con la intención de realizar la planificación *layout* en cuanto a la conformación de una CA, se propone la filosofía Lean Construction (LC), que según el Lean Construction Institute (ILC), 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. (Lean Construction Institute, 2013).

La funcionalidad de la aplicación de las herramientas está en la creación de un sistema de producción que minimice los residuos, que serían actividades que no agregan valor al proyecto, y los cuales se definirán como: todo aquello que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva, clasificándose en siete categorías: defectos, demoras, excesos de procesado, exceso de producción, inventarios excesivos, transporte innecesario y movimiento no útil de personas; las cuales no se tienen en cuenta en la gestión cotidiana donde se considera solo como un proceso de transformación para obtener un producto y se deja en un segundo plano la optimización de flujos de dichos materiales.

Por consiguiente, la filosofía “Lean” tiene en cuenta la transformación de materiales como un flujo de recursos y una generación de valor, por ejemplo, en la fabricación de un muro, los ladrillos adheridos 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 (Porras et al., 2014).

Consecuentemente, para su funcionamiento Koskela (2000) propone once principios:

- Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor.
- Incremento del valor del producto.
- Reducción de la variabilidad.

- Reducción del tiempo del ciclo.
- Simplificación de proceso.
- Incremento de la flexibilidad de la producción.
- Transparencia del proceso.
- Enfoque del control al proceso completo.
- Mejoramiento continuo del proceso.
- Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión.
- Referenciación.

Estos principios “Lean”, solo son posibles de aplicar eficazmente en la industria de la construcción si los interesados se centran en mejorar todo el proceso de gestión del proyecto para concebir el nuevo enfoque de producción que proponen dichos principios (Arif, 2012, p. 91). Para implementar la CA en los proyectos es necesario iniciar con el compromiso de tener una cultura de mejora continua de la producción, para que al aplicar los principios “Lean” correctamente mejoren la seguridad, la calidad y la eficiencia del proyecto (Hamed, 2013).

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 (Lean Construction Institute, 2013). Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva.

El objetivo de LC es optimizar las transformaciones minimizando o eliminando los flujos que los materiales deben seguir hacia los lugares de ejecución de los trabajos de obra para obtener más valor en los productos finales (Orihuela, 2013, p. 1). 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 de que cada evento se producirá después de la secuencia prevista (Fayek, 2013).

Por otro lado, en los procesos administrativos que acarrea el proceso de adquisición de materiales encontramos la planeación como factor fundamental; refiriéndose esta última como la identificación de cada uno de los materiales que son necesarios para la construcción del proyecto, así como la cuantificación de la cantidad necesaria de cada uno, incluyendo las mermas o desperdicios.

Seguidamente, durante la ejecución, la compra de los materiales se inicia con el pedido, el cual tiene como evento inicial la solicitud que hace el área de producción residencia de supervisión de una cantidad (o lote) de uno o varios materiales; esta solicitud es dirigida al área administrativa y se le denomina usualmente requisición en el lenguaje de la construcción. Una vez que el proveedor sitúa el material en la obra, el empleado de la empresa constructora responsable del almacén procede a verificar sus especificaciones, su integridad y su cantidad.

Finalmente, el control consiste en el establecimiento de sistemas que permiten comparar lo ejecutado con lo planeado, detectar errores, desviaciones, así como las causas y posibles soluciones, todo lo cual permite decidir oportunamente las acciones correctivas para mejorar o conservar el buen desempeño del proyecto. (Isidore, 2002).

Para controlar la variabilidad en la planificación la filosofía LC propone el Sistema del Último Planificador (SUP) o Last Planner System (LPS), una de las herramientas más útiles en la aplicación de LC.

Luego de hacer un acercamiento a las bases conceptuales y teóricas de este tema, se da lugar al marco legal bajo el cual, se sustenta la gestión de la CA. La ISO 28000 es una especificación del sistema de gestión que ofrece, por primera vez, un modelo para todos los tipos y tamaños de organizaciones que operan o dependen de cualquier aspecto de la cadena de suministros, esta norma es compatible con la ISO 9001 y la ISO 14001. La ISO 28000 fue desarrollada con la finalidad de contribuir a la integración de sistemas de gestión de calidad, ambiental y de seguridad de la CA dentro de la organización. (Norma Técnica Colombiana, ISO 28000, 2007).

Estado del arte

Inicialmente, se cuenta con un estudio realizado el 2019 en cuanto a la cobertura y coordinación de los diferentes periodos que contiene la CA, enfocándose en prefabricados de la construcción; a partir de ello, implementan una estrategia llamada cobertura de espacio de búfer la cual aumenta la precisión de Lean Production (LP) lo que involucra los costos adicionales que puedan presentarse por cuestiones de almacenamiento y mantenimiento. Dentro de los resultados obtenidos se observó que mediante estos dos métodos se permite tener beneficios, a un menor costo de ampliación de la unidad, mayor penalidad por tardanza y prefabricados ensamblados e instalados impredecibles e incontrolables determinados por el proceso de construcción (Zhai, 2018).

Se han realizado estudios enfocados a la coordinación, selección de proveedores y programación de proyectos en CA de construcción cuando se tienen recursos limitados; en el cual se toma como base múltiples proyectos recurrentes los cuales son independientes en operación, pero están sujetos a proveedores compartidos e inspección de calidad por el mismo comité. Para la solución de esta problemática se plantea una heurística basada en programación matemática, lo que logra descomponer los problemas en subproblemas, -es decir que reduce su tamaño-, lo que aporta a que sean solucionados más rápidamente y se puedan prever los beneficios de la coordinación (Chen, 2018).

También se ha investigado en comprender la importancia de las relaciones entre cliente-proveedor en las CA mediante una técnica llamada DEMATEL; donde se estudió las barreras más importantes que impiden la colaboración en la relación entre ambas partes. Mediante dicha técnica, se logra obtener asociaciones de causa y efecto, dentro de las causas se encontraron tres que son ocasionadas por la industria, y otra que está ligada principalmente, a la definición de los roles y responsabilidades de un proyecto, impactando así la colaboración dentro del ámbito de la construcción (Costa, 2019).

Otro estudio se relaciona con la gestión verde de la CA en la construcción, en esta investigación se hace un estudio de la literatura donde se sintetizan los resultados para la categorización del enfoque y definición integral describiendo la necesidad de enfatizar en una perspectiva de extremo a extremo que permita ecologizar la industria, es decir, obtener sostenibilidad ambiental (Badi, 2019).

Por otra parte se planteó una investigación donde se crea un modelo de referencia de procesos para la gestión de reclamaciones en las CA de la construcción en cuanto a los contratistas; de esta forma, analizando los modelos ya existentes, el establecido intenta mejorar el proceso de reclamación identificando deficiencias como la falta de transacciones entre el contratista y la cadena de suministro; con la intención aumentar la conciencia de esta relación a través de la gestión de la cadena de suministro (Stamatiou, 2019).

En otro proyecto, además, se estudiaron los riesgos y demoras que se presentan en la gestión de la CA; mediante revisión de literatura y obtención de detalles de proyectos de construcción en específico, teniendo así una simulación basada en eventos que permitieron ver

el rendimiento del sistema, descubriendo que los retrasos en la construcción influyen tanto en la magnitud como en la probabilidad de interrupción (Panova, 2018).

También, se realizó una investigación donde se integra la CA en la construcción dentro de una economía circular; dentro de este estudio se desarrolla una herramienta computacional basada en BIM (Building Information Modeling), dicha herramienta es un modelo de predicción de residuos de construcción llamado ANFIS (Sistema Adaptativo de Inferencia Neurofuzzy) en la plataforma Autodesk Revit BIM. El estudio arrojó que el área de piso bruto y el tipo de construcción son los dos predictores claves para minimización de los desperdicios (Akinade, 2019).

En la ciudad de Bogotá (Colombia), se realizó un estudio a todas las empresas constructoras; enfocándose en las fallas o problemáticas que presenta la logística de abastecimiento en este ámbito y cuáles son sus posibles mejoras. Dentro del análisis encontrado basado en el modelo SCOR se encontró que los principales problemas en la logística de abastecimiento de las empresas constructoras bogotanas son el control y manejo de los inventarios, el deficiente almacenamiento y la carencia de sistemas de información (Arce, 2009).

En conclusión y en relación al tema de la CA se han encontrado diferentes estudios realizados por autores alrededor del mundo en lugares como Londres, Italia, Estados Unidos, Suecia, Bogotá, entre otros. Las cuales permiten prever que los enfoques acerca de la CA son variados, y que, dentro de ellos, esta investigación se enfoca en entender esta herramienta para la planificación de proyectos de construcción en la ciudad de Medellín.

Método

Con la intención de analizar la Gestión de la CA en el sector de la construcción como herramienta de planificación de proyectos, se llevó a cabo la recolección de información a través de la técnica de encuesta descriptiva, con 41 preguntas en total, de las cuales 33 son de respuesta cerrada y 8 de respuesta abierta; realizadas entre el 28 de marzo del 2019 y el 9 de mayo de 2019. Con su realización se busca obtener las causas y problemáticas más evidentes que se presentan dentro de la obra en cuanto al objeto de estudio que es la Gestión de la Cadena de Abastecimiento. A través de dichas encuestas, se obtuvieron datos, que luego fueron tabulados, graficados y analizados, atendiendo así al tipo de cobertura poblacional a la cual estaba enfocada esta investigación, de enfoque cuantitativo, no experimental de muestra probabilística.

Dicho lo anterior, la población seleccionada fueron las PYMES constructoras de la ciudad de Medellín; enfocadas en viviendas en altura. Según la clasificación de CAMACOL Antioquia, las empresas que cumplían dichas características, eran 20. Una vez establecida la población se procedió a la aplicación una fórmula, la cual arrojó un total de 17 empresas que fueron la muestra de trabajo. A partir de lo anterior, dentro de dichas organizaciones, se seleccionaron los perfiles de las personas están en relación con la CA, las cuales fueron: el director de obra, el residente de obra, el auxiliar de residencia, el maestro de obra, el almacenista, entre otros.

De la población seleccionada, por cada una de las empresas, hubo una persona que respondió la encuesta, las cuales estuvieron relacionadas a los siguientes perfiles: 7 directores de obra; 2 auxiliares de residencia; 2 directores de presupuesto, 1 residente de obra; 1 almacenista; 1 CEO, 1 residente de presupuestos; 1 jefe de PYP; 1 con desempeño en el área de compras, 1 consultor y docente y 1 auxiliar administrativo.

Para el cálculo de tamaño de muestra cuando el universo es finito, es decir contable y la variable de tipo categórica, primero debe conocer "N" o sea el número total de casos esperados o que ha habido en años anteriores. Si la población es finita, es decir conocemos el total de la población y deseásemos saber cuántos del total tendremos que estudiar la fórmula sería:

$$\frac{(N \cdot Z_{\alpha/2})^2 \cdot (p \cdot q)}{(d^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q)} \quad (1)$$

Donde:

N = total de la población.

$Z_{\alpha} = 1.96$ al cuadrado (si la seguridad es del 95%).

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05).

q = 1 - p (en este caso 1 - 0.05 = 0.95).

d = precisión (en la investigación usar un 5%).

Para entender los resultados se implementó el diagrama de Pareto y el análisis de causa raíz, los cuales permitieron evidenciar dentro de las encuestas cuáles fueron las causas o problemáticas más relevantes y cuáles son sus procesos logísticos y de abastecimiento de recursos teniendo en cuenta la regla del 80/20, logrando de esta manera proponer procesos para la mejora de las falencias presentadas.

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, ya que se ordenan por orden de importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso; su campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender a sus problemas, se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde estos tengan mayor impacto (Gutiérrez & de la Vara, 2009).

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como "Ley 80-20", en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total (Gutiérrez & de la Vara, 2009).

Por otra parte, está el instrumento de análisis de causa raíz, cuya meta es identificar las causas raíz del problema, entender cómo es que estas generan el problema y confirmar las causas con datos. Entonces, se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos. Para ello, primero será necesario identificar todas las variables de entrada y/o posibles causas del problema (Gutiérrez & de la Vara, 2009).

Finalmente, el diagrama de Ishikawa o de causa y efecto, el cual es un método que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (Gutiérrez & de la Vara, 2009).

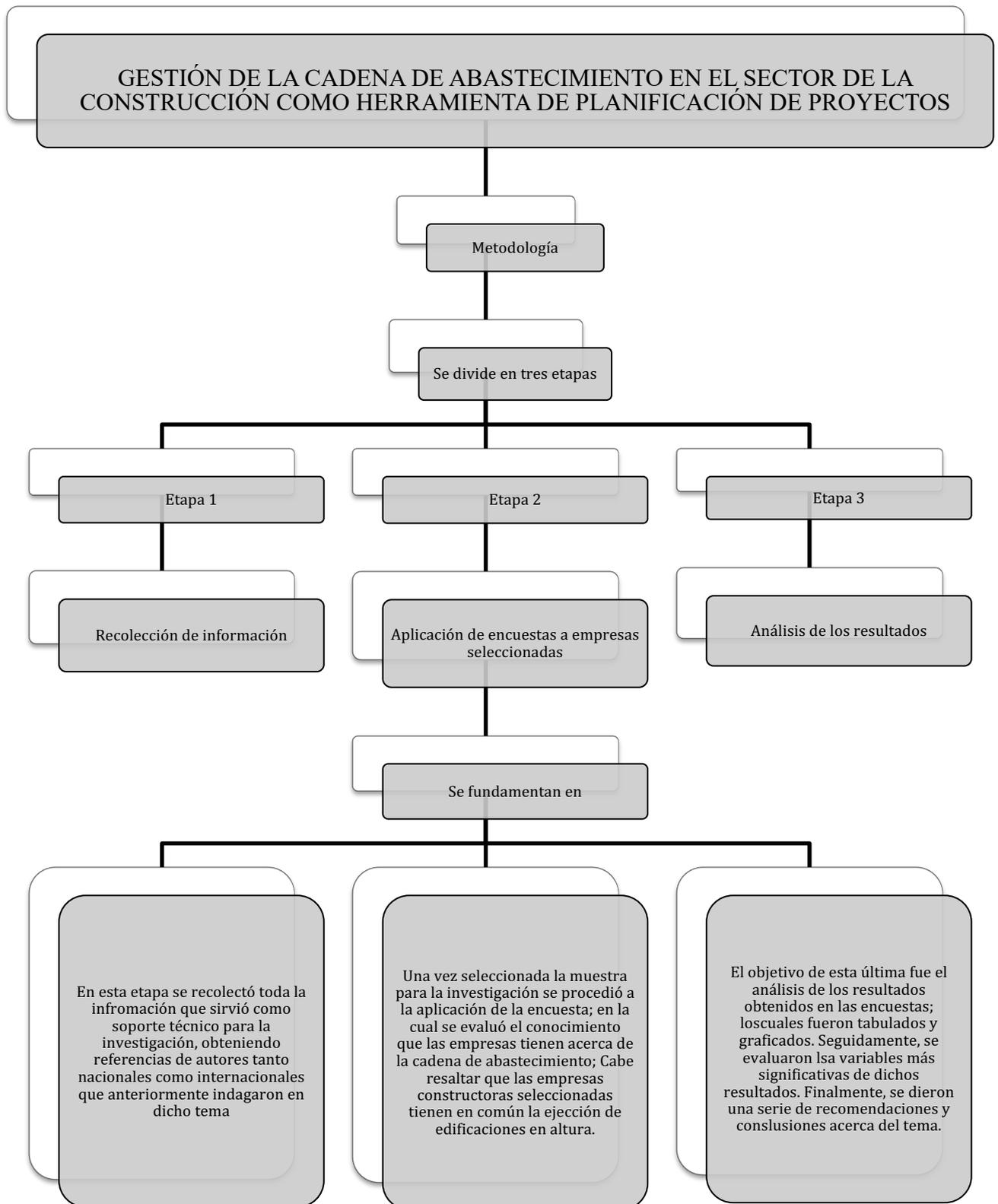


Figura 1. Mapa conceptual metodología

Resultados

Una vez aplicados los instrumentos de medición en cada una de las empresas constructoras debidamente seleccionadas según las características del estudio se identificaron los siguientes resultados.

En la figura 2, se ilustra el conocimiento y manejo general sobre la gestión de la CA en el sector de la construcción, en la cual se dan 4 variables asociadas al tema, evidenciando que el 63,2% de la muestra encuestada no responde; lo cual se podría interpretar como una de las causas principales que influye de manera directa en la falta de productividad, si se entiende que la CA está estructurada como la combinación eficiente de los procesos de producción y entrega de servicios.

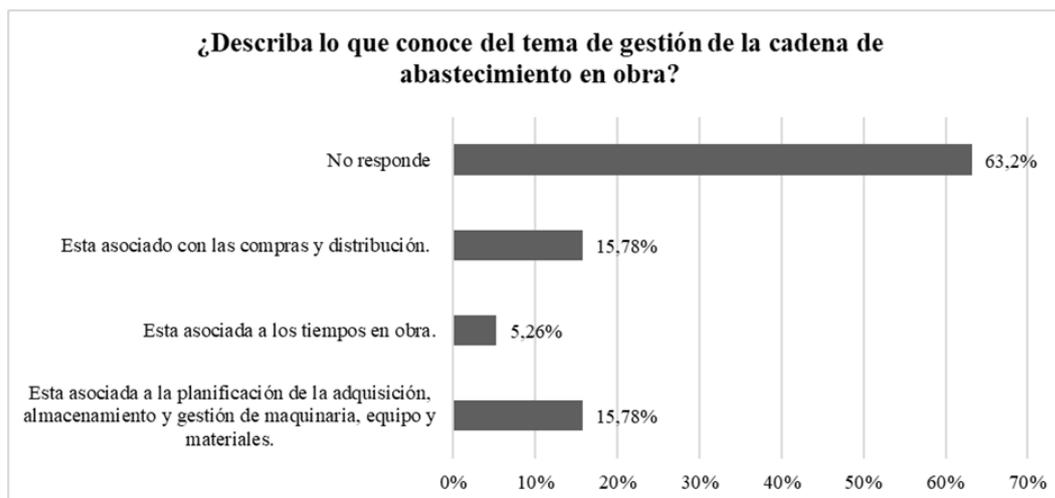


Figura 2. Gestión de la cadena de abastecimiento

Adicionalmente, en la figura 3, se evaluaron los conocimientos previos con los cuales cuentan las empresas constructoras acerca del tema de logística de abastecimiento, en la cual se puede observar que el 21,05% de la muestra encuestada no tiene conocimiento y el 42,12% de la misma no responde. Lo cual acarrea un déficit considerable en el conjunto de actividades de planificación organización y control de recursos.

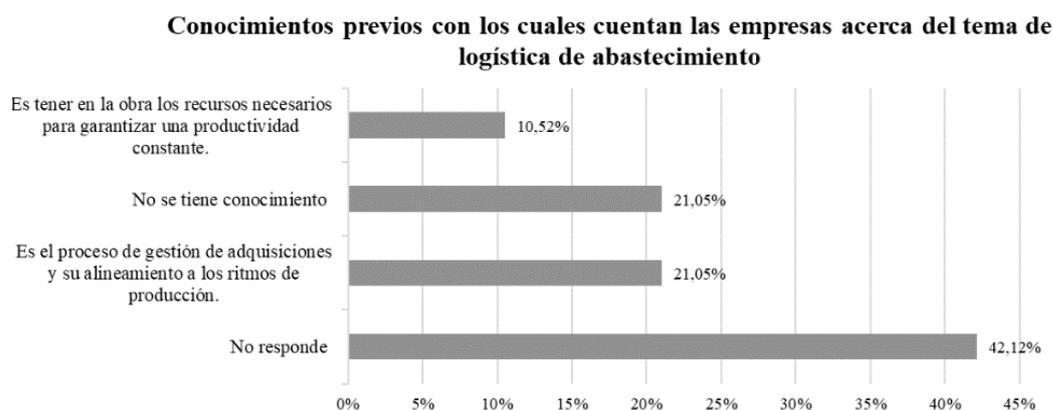


Figura 3. Conocimiento acerca de logística de abastecimiento

Por otro lado, en la figura 4, se realizó un análisis 80/20 que nos permite conocer dentro de las empresas encuestadas cuales son las falencias de la CA. Observando que dichas dificultades están relacionadas con los proveedores, herramienta y equipo, ausencia de planificación y prerequisites. Cabe resaltar que el diseño de la CA varía según el tipo de

empresa y se componen de las fases logísticas de proveedores, producción, distribuidores y clientes.

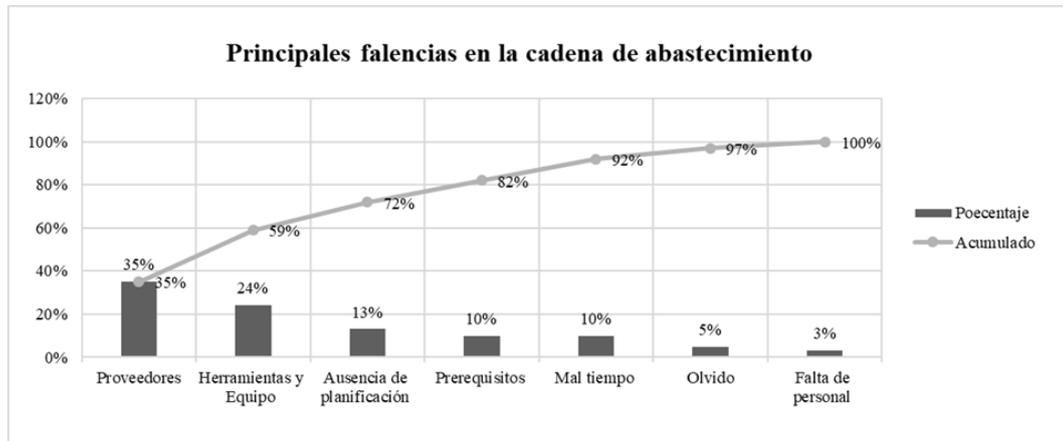


Figura 4. Falencias en la CA

En la figura 5, se ilustran las causas principales que inciden en los retrasos de tiempos de entrega en la obra. Se encuentra que de las ocho causas que tienen incidencia sobre los retrasos en los tiempos de entrega, cinco de ellas son las que acarrear el 78% de los efectos negativos de esta problemática, distribuidos así: el 26% está relacionado con las demoras en las entregas por parte de los proveedores; el 15% por falta de suministro de materiales; el 15% siguiente por el desabastecimiento de recursos; el 10% por falta de control en la planificación y el otro 10% por factores ambientales.

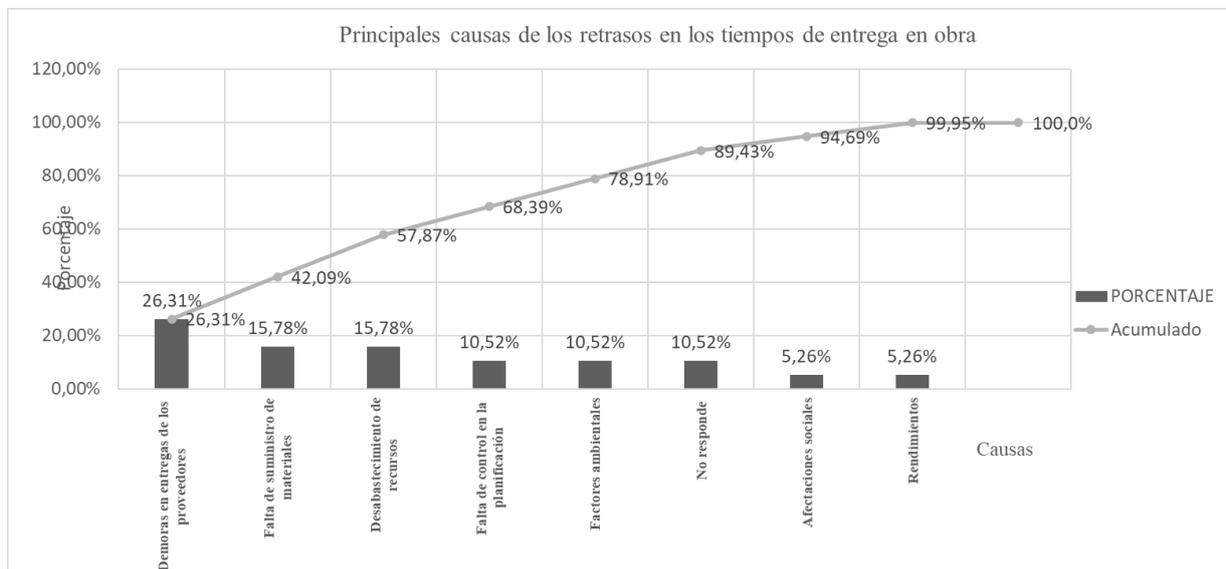


Figura 5. Causas de los retrasos en tiempos de entrega en la obra

De otro modo, en la figura 6, se resalta la importa que tiene el área de compras dentro de la CA, ya que, una de las principales fuentes de complejidad de la actividad de construir proviene usar muchos recursos, y en grandes cantidades; por ello el requerimiento de que todas las organizaciones cuenten con un sistema que permita administrar los recursos que se utilizan en esta.

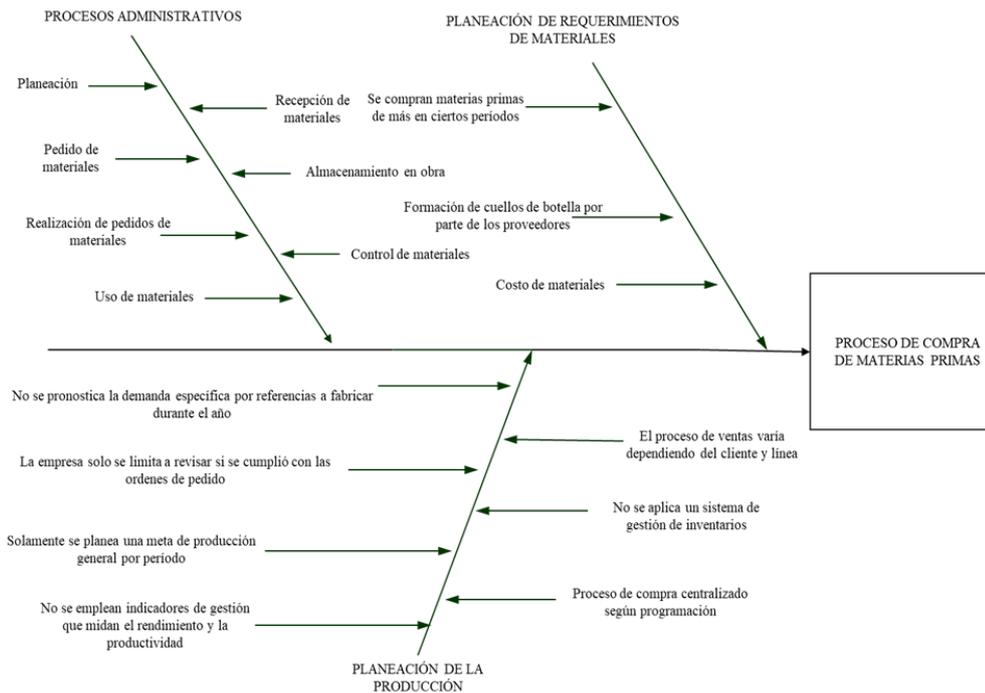


Figura 6. Diagrama de causa-efecto de falencias en adquisición de materiales

El proceso de compra de los materiales se inicia en la etapa de planeación en la cual se elaboran los programas de utilización de cada uno de ellos. Sin embargo, en la investigación se reportó que el 67% de las empresas manifestaron que elaboraban sus programas de utilización de materiales antes del inicio de la ejecución de la obra; adicionalmente, en la misma, se pudo inferir que el 71 % de las empresas no analizaban a detalle los procesos constructivos para obtener esos programas, por lo que se podría esperar que en la mayoría de los casos la administración de los materiales haya sido deficiente.

Del mismo modo, en la figura 7, se analizan el proceso de distribución o transporte interno de materiales siendo este parte fundamental de la cadena de abastecimiento, ya que a partir del mismo se puede generar un impacto fundamental en el éxito global de la CA. Para ello este debe de estar relacionado con el centro de acopio de materiales que debe estar ubicado en un sitio óptimo, estar diseñado de acuerdo a la naturaleza y operaciones a realizar al producto, utilizar el equipamiento necesario y estar soportado por una organización y sistema de información adecuado.

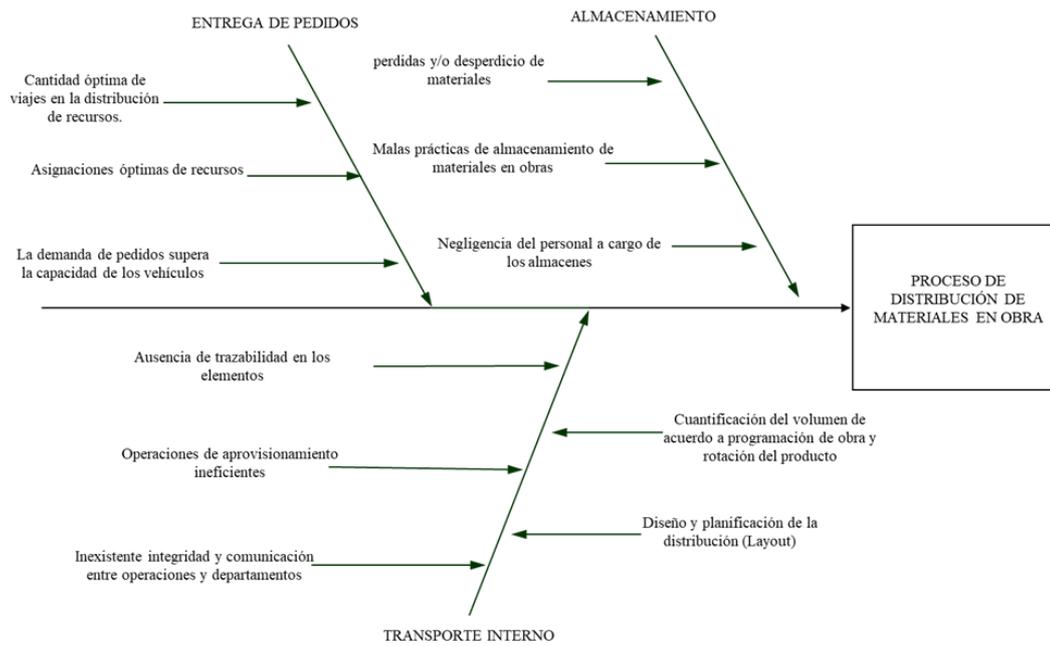


Figura 7. Diagrama de causa-efecto de falencias en la distribución de materiales

Sin embargo, dentro de la investigación se evidenció que una de las falencias dentro de la distribución es que no se conocen las ubicaciones de los materiales, lo que conlleva que el tiempo de manipulación sea mayor y, por lo tanto, el plazo de entrega al cliente también aumente.

Adicionalmente solo el 33% de las empresas encuestadas reconocen e implementan los objetivos del diseño, y layout de los almacenes; ya que facilitan la rapidez de la preparación de los pedidos, la precisión de los mismos y la colocación más eficiente de materiales, todos ellos en pro de conseguir potenciar las ventajas competitivas contempladas en el plan estratégico de la organización, regularmente consiguiendo ciclos de pedido más rápidos y con mejor servicio al cliente.

Por último, en la figura 8, se analiza la implementación de Lean Construction en la CA como una metodología de eliminación de pérdidas, donde se evidencia que esta acarrea diferentes beneficios para los procesos que se llevan a cabo en el proceso de ejecución y planificación de las obras; dentro de los cuales se percibe el control de la producción y del trabajo, fomenta el flujo de la transformación, ayuda a estabilizar la producción, fomenta las relaciones eficaces entre las partes que intervienen, entre otros.

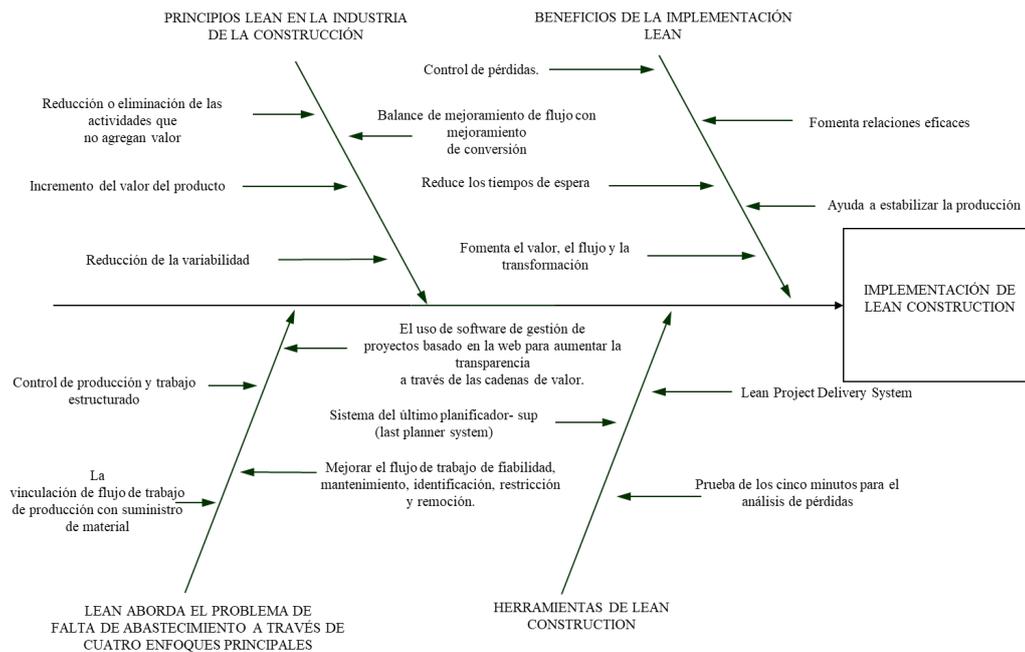


Figura 8. Diagrama causa-efecto de implementación de Lean Construction

Discusión y conclusiones

La administración de la cadena de abastecimiento dentro de las obras cada vez toma más relevancia en la mejora eficiente de los procesos productivos y se considera como una medida para implementar y consolidar en la búsqueda de potenciar y aumentar las utilidades a partir de la reducción de costos y la satisfacción del cliente (Keat, 2004). Para dicho propósito se debe tener en cuenta que la CA se fundamenta en tres pilares fundamentales, los cuales son: proveedores, entrega de pedidos y almacenamiento.

Dentro de los resultados hallados, se puede evidenciar inicialmente que por parte de dichas entidades hay un 63.2% de ellas que omite la respuesta ante el conocimiento que tienen acerca de la CA; lo que sugiere una posible razón por la cual el control de estos tres pilares fundamentales presenta falencias.

Es así como el 35% de la muestra afirma que efectivamente las falencias de la CA están relacionadas con los proveedores y el 24% con la herramienta y los equipos; lo que sugiere una relación con los pilares mencionados con anterioridad. Se deberá tener en cuenta que una de las tareas de mayor trascendencia en el área de compras es la selección de los proveedores, ya que son los que se encargan del abastecimiento y deben garantizar entregar oportunas, de calidad y con las mejores condiciones comerciales.

Adicionalmente, el tercer pilar también se ve afectado como consecuencia del impacto que se genera en los dos primeros, esto teniendo en cuenta que en el proceso de suministro de materiales cuando uno o varios de ellos no se encuentran disponibles al momento en que se requieren, incide negativamente en la productividad de la mano de obra y de los equipos. Como consecuencia, se genera la interrupción de los trabajos con un probable aumento de los gastos generales totales. Cabe aclarar que en Colombia no existen medidas de pérdidas de productividad asociadas a materiales, siendo uno de los factores más importantes a considerar en la administración de inventarios de materiales (Sherpell, 2002, pp 291).

En consecuencia, el manejo eficiente de los materiales se ha convertido en una prioridad donde la eficiencia en los procesos industriales y productivos es un imperativo. Un adecuado sistema para el manejo de los materiales se puede utilizar para incrementar la productividad y

lograr una ventaja competitiva en el mercado (Arce, 2009, pp 98). Evidenciándose dentro de la investigación que las falencias provienen de que en el proceso de distribución no se conoce la ubicación de los materiales y solo el 33% de la muestra reconoce que implementa los objetivos de diseño y layout de los almacenes, lo que sugiere la rapidez de la separación de los materiales y su precisión.

Por consiguiente, una de las principales de que estos tres pilares fundamentales de la CA se vean afectados, provienen inicialmente del desconocimiento de la CA como una herramienta que puede beneficiar la planificación dentro de las obras y la implementación de estándares de distribución que inician con la recepción de los recursos, almacenamiento y transporte dentro del lugar de almacenaje hasta el sitio final de trabajo, teniendo como objetivo principal optimizar el área logística; ya que al disminuir los tiempos de distribución mejoran los tiempos de espera, siendo más eficiente los tiempos de recepción y almacenamiento.

Por lo cual, el almacenamiento juega un papel primordial dentro de la CA, cuyo objetivo principal es la rotación eficaz y eficiente del inventario, la gestión óptima de inventarios obsoletos, optimización de la superficie del almacén, optimización de rutas de recepción y entrega, y optimización del equipamiento. Dentro de la CA la conformación del almacén es determinante para elevar la productividad en la fase de producción; los conceptos a tener en cuenta desde la fase de planificación son la ubicación, el tamaño y la distribución. (Fonseca, 2011).

Es así como después de analizar los métodos que utilizan las PYMES constructoras enfocadas en viviendas en altura de la ciudad de Medellín, se concluyó que:

- No comprenden la gestión logística como una herramienta integral que afecta los procesos internos y externos de la obra, evadiendo el modelo “justo a tiempo” que se usa en el aprovisionamiento de los recursos que apuntan a la mejora en la gestión logística. Esto sucede, incluso cuando se tienen definidos los sistemas de gestión de la calidad, lo que conlleva a la multiplicación de los tiempos utilizados en la obra para la realización de diferentes actividades y el aumento de los riesgos de los trabajadores por mala planificación layout y los espacios utilizados para la colocación de los recursos dentro de la obra.
- No se evidencian controles ejercidos a los flujos logísticos, el plan logístico y la CA, lo que conlleva a que los procesos que garantizan orden dentro de la obra se vean afectados y tengan repercusión en procesos como el almacenamiento, entrega de pedidos y distribución de los recursos dentro de la obra.
- No se está realizando una integración entre la empresa y sus proveedores en dichos planes logísticos; lo que es entendible, ya que, si desde la misma empresa no se tiene bien establecido dicho plan, difícilmente se pueda hacer una integración de las partes implicadas, ocasionando acumulación constante de materiales y prolongando su tiempo de espera.
- Al ser ineficientes los tres puntos objetivos de la distribución de recursos: entrega de pedidos, almacenamiento y determinación de costo de entrega; los niveles de producción y distribución se verán afectados por los tiempos de entrega.
- Si los tres puntos de la distribución de recursos los cuales son el almacenamiento, el transporte y el costo de entrega, son ineficientes, los niveles de producción y distribución se verán afectados por los tiempos de entrega.

Por lo anterior, se propone que las constructoras PYMES enfocadas en viviendas en altura de la ciudad de Medellín, antes de evolucionar en cuanto a procesos constructivos, maquinaria y materiales, replanteen los métodos de planificación de proyectos en la parte logística y administrativa, pues a partir de la identificación de las debilidades existentes en la

CA, las pérdidas y los reprocesos observados y medidos en obra, se puede optar con un criterio establecido para la apropiación de nuevos materiales y equipos que ayuden a la ejecución de dichos proyectos. Además, en busca del mejoramiento de la gestión logística se sugiere la implementación de la Gestión de la CA como herramienta de planificación de proyectos enlazada a la filosofía LC.

Referencias

- Akinade Lukumon, O. y Oyedele, O. (2019). Integrating construction supply chains within a circular economy: and ANFIS- based waste analytics system (A-WAS). *Revista de Producción más limpia*, 229, 863-873. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.232>
- Arce Manrique, S. (2009) *Identificación de los principales problemas en la logística de abastecimiento de las empresas constructoras bogotanas y propuesta de mejoras*. [Trabajo de grado para optar por el título de administrador de Empresas]. <http://hdl.handle.net/10554/9110>
- Arif Marhani, M., Jaapar, A. y Ahmad Bari, N.A. (2012). Lean Construction: Towards enhancing sustainable construction in Malaysia. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 68, 87-98. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.209>
- Badi, S. y Murtagh, N. (2019). Green supply chain management in construction: a systematic literatura review and future research agenda. *Revista de producción más limpia*, 223, 312-322. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.132>
- Capó Vicedo, J., Tomas Miquel, J.V. y Expósito Langa, M. (2005). La importancia de la gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la construcción. In *IX Congreso de Ingeniería de Organización*. https://www.researchgate.net/publication/45192285_La_importancia_de_la_gestion_d_el_conocimiento_en_la_cadena_de_suministro_de_la_construccion
- Capó Vicedo, J., Tomas Miquel, J.V. y Expósito Langa, M. (2007). La Gestión del Conocimiento en la Cadena de Suministro. Análisis de la Influencia del Contexto Organizativo. *Revista Información Tecnológica*, 18(1), 127-136. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642007000100017>
- Chen, W., Lei, L., Wang, Z., Teng, M. y Liu, J. (2018). Coordinating supplier selection and Project scheduling in resource-constrained construction supply chains. *Revista internacional de Investigación de Producción*, 56(19), 6512-6526. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1436782>
- Costa, F., Denis Granja, A., Fregola, A. Picchi, F. y Portioli Staudacher, A. (2019). Understanding relative importance of barriers to improving the customer – supplier relationship withing Construction Supply Chains using DEMATEL. *Revista de Gestión en Ingeniería*, 35(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000680](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000680)
- Económicos, I., & De, A. (2019). Boletín Técnico Boletín Técnico. 1–28.
- Fayek Aziz, R. y Mohamed Hafez, S. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Revista de Ingeniería de Alejandría*, 52(4), 679–695. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>
- Ferrín Gutiérrez, A. (2007). *Gestión de stocks en la logística de almacenes*. Fundación Confemetal.
- Fonseca Arias, C. (2011) *Mejoramiento de los procesos de planificación de obras a partir de la introducción de conceptos de gestión logística soportados en TIC, para el sector de la construcción en Colombia*. [Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Ingeniería en el área de Gestión de la Construcción]. <http://hdl.handle.net/10784/183>
- Gutiérrez, H. y de la Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Mc Graw Hill.

- Hamed Issa, U. (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 697-704. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.07.003>
- Isidore, L. J. y Back, W. E. (2002). Multiple Simulation Analysis for Probabilistic Cost and Schedule Integration. *Journal of Construction Engineering Management*, 128(3), 211-219. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:3\(211\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:3(211))
- Keat, P.G. y Young, P. (2004). *Economía de la empresa*. Pearson Educación.
- Koskela, L. (2000). *An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction*. Espoo 2000.
- Lean Construction Institute. (5 de Octubre de 2013). *¿Qué es Lean Construction?* <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>
- London, K. y Kenley, R. (2001). *The development of a neo-industrial organization methodology for describing & comparing Construction Supply Chains*. Swinburne Research Bank. <http://hdl.handle.net/1959.3/54801>
- Malagón Acosta, C., Pérez Ortiz, L., Quintero Rodríguez, E. y Castillo Salgado, A. (2012) *La gerencia de cadena de abastecimiento como componente en la planeación estratégica empresarial*. [Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia Logística]. <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1206/La%20gerencia%20de%20cadena%20de%20abastecimiento.pdf?sequence=1>
- Norma técnica colombiana ISO 28000. Sistema de gestión de seguridad para la cadena de suministro. 26 de noviembre de 2008.
- Orihuela, P. (2013). Lean Construction en el Perú. *Construcción Integral*, 12, 1-3. http://www.motiva.com.pe/articulos/Lean_Construction_Peru.pdf
- Panova, Y. y Hilletoft, P. (2018). Managing supply chain risks and delays in construction Project. *Gestión industrial y sistemas de datos*, 118(7), 1413-1431. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2017-0422>
- Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. y Galvis Guerra, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos. *Avances: investigación en ingeniería*, 11(1), 32-53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6684752>
- Sherpell, B. A. (2002). *Administración de operación de construcción*. Alfaomega Grupo Editor.
- Stamatiou, D. R., Kirytopoulos, K. A., Ponis, S. T., Gayialis, S. y Tatsiopoulos, I. (2019). A process reference model for claims management in construction supply chains: the contractors perspective. *Revista internacional de gestión de la construcción*, 19(5), 342-400. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452100>
- Universidad Politécnica del Bicentenario. (2017). Systematic Layout Planning (SLP). <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-politecnica-del-bicentenario/ingenieria-de-planta/systematic-layout-planning-slp/9900491>
- Zhai, Y., Fu, Y., Zu, G. y Huang, G. Q. (2018). Multi-period hedging and coordination in a prefabricated construction supply chain. *Revista internacional de investigación de producción*, 57(1), 1-23. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1512765>
- Zou, Y., Kiviniemi, A. y Jones, E. W. (2017). A review of risk management through bim and bim-related technologies. *Safety Science*, 97, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.027>

Fecha de recepción: 05/02/2022
Fecha de revisión: 18/03/2022
Fecha de aceptación: 28/04/2022