

Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander. *

Influence of PERT / CPM methodology on state contracting projects in the north of Santander

Recibido: noviembre 10 de 2019 - Evaluado: enero 23 de 2020 -

Aceptado: marzo 30 de 2020

Robert Villamizar-Toloza**

Jhon Deivison Peñaranda-Pabón***

Para citar este artículo / To cite this Article

R. Villamizar-Toloza, J. D. Peñaranda-Pabón “Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander” Revista de Ingenierías Interfaces, vol. 3, no. 1, pp. 69-85, 2020.

Resumen

Los proyectos constructivos desarrollan una etapa de planificación donde se debe estimar la duración de las actividades de cada etapa que lo conforma. El objetivo de la investigación fue analizar la influencia que tiene la aplicación de la metodología PERT/CPM en el cumplimiento de los proyectos de infraestructura contratados en el Norte de Santander. La metodología aplicada fue cuantitativa con carácter descriptivo y correlacional. La muestra se seleccionó de forma probabilística y aleatoria con las empresas que culminaron sus contrataciones con el departamento entre los años 2018 y 2019, por medio de datos tomados del SECOPI y la Gobernación de Norte de Santander. Los resultados revelaron que las principales causas de retrasos en los proyectos fueron por fallas en los procesos de planificación, por la carencia del uso de métodos de organización de actividades y por la falta de control en la ejecución de los mismos. Al hacer el análisis estadístico se determinó que existe relación entre el uso de la metodología PERT/CPM y el

* Artículo inédito. Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander”.

**Correo electrónico: robertvillamizar@hotmail.com

***Correo electrónico: jhonpenaranda@hotmail.com

nivel de cumplimiento en la ejecución de los proyectos constructivos, por lo que se propusieron estrategias para la apropiación de herramientas que ayuden a definir el futuro desarrollo de un proyecto en forma gráfica con todos los componentes de tiempo y costo, de manera que se puedan identificar las actividades que son cruciales para su oportuna finalización.

Palabras clave: planificación de proyectos, PERT/CPM, contratación estatal, empresa constructora.

Abstract

Construction projects develop a planning stage where the duration of the activities of each stage that forms it must be estimated. The objective of the investigation was to analyze the influence that the application of the PERT / CPM methodology has in the fulfillment of the infrastructure projects contracted in Norte de Santander. The applied methodology was descriptive and correlational quantitative. The sample was selected in a probabilistic and random way with the companies that completed their contracts with the department between the years 2018 and 2019, using data taken from SECOP I and the Governor's Office of Norte de Santander. The results revealed that the main causes of delays in the projects were due to failures in the planning processes, due to the lack of use of methods of organization of activities and due to the lack of control in their execution. When performing the statistical analysis, it was determined that there is a relationship between the use of the PERT / CPM methodology and the level of compliance in the execution of construction projects, so strategies were proposed for the appropriation of tools that help define future development. of a project in graphic form with all the components of time and cost, so that the activities that are crucial for its timely completion can be identified.

Keywords: project planning, PERT / CPM, state contracting, construction company.

1. Introducción

Para la realización de todo proyecto de obras e infraestructura se debe administrar apropiadamente el factor tiempo y costo. De esta manera, se programan y coordinan las diversas tareas y actividades a desarrollar en un plan de trabajo previamente diseñado, determinando las tareas a realizar, las cuales no necesariamente son secuenciales ni interdependientes. Siendo

así, durante la elaboración de un proyecto de infraestructura se deben atender diferentes factores, los cuales comprenden lo siguiente: el tiempo que se necesita para terminar el proyecto, la determinación de las fechas programadas de inicio y culminación de la obra, la determinación de aquellas actividades consideradas críticas y que deben terminarse exactamente, según lo programado para mantener el cronograma de trabajo planteado y finalmente, para determinar cuáles actividades pueden ser dilatadas sin que esto afecte el tiempo de culminación del proyecto [1].

En Colombia según estimaciones de la inversión en infraestructura para los años 2012 – 2020, sobre eventos fiscales y requerimientos financieros de la Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF) [2], las empresas enfocadas en la construcción, ingeniería e infraestructura tienen como orientación principal de su mercado el desarrollo de proyectos de interés público, por lo que se someten a plazos de planificación no superiores a los tres meses, (según el plazo estipulado para apertura y cierre de un proceso licitatorio, determinado por la Ley 80 de 1993). En este sentido, las empresas se enfrentan permanentemente a diferentes procesos licitatorios que les obligan a tomar decisiones estratégicas prontas para realizar el diseño y la planificación de los proyectos requeridos.

Por lo anterior, se pueden presentar diferentes eventualidades durante la planificación y ejecución de los proyectos a partir de problemas en la programación de proyecto PSP (Project Scheduling Problem). En Colombia existe una tendencia al no cumplimiento de los plazos en el tiempo señalado, trayendo como consecuencias sobrecostos por la demora representados en gastos en personal, maquinaria y equipos, por lo que el 72% de los proyectos presentan moras en sus plazos de entrega y cerca de un 16% jamás se concluyen, aunque se detalla que por lo menos no lo hace la empresa que inicio la obra [3].

En el caso puntual de Norte de Santander, los reportes consolidados más recientes de la Contraloría General del Departamento determinaron que en el 48% de los municipios se contaba con obras de infraestructura inconclusas, dentro de las cuales, el 72% corresponde a la construcción de edificaciones, el 22% al sector de agua potable y el 6% se refiere a vías. Los municipios más afectados por esta problemática fue Bucarasica, Chinácota, Convención, Pamplonita y Ocaña [4].

De esta manera, el ente de control especifica que las posibles causas del problema de las obras inconclusas se deben a la falta de planeación toda vez que se viabiliza un proyecto y se suscribe un contrato sin contar con los respectivos permisos que se requieren previo al desarrollo de las obras, generando mayores costos administrativos y de ejecución con perjuicios en los términos de entrega y en improvisaciones que generan un aumento desmedido en el valor de la obra [4]. Otras causas mencionadas se relacionan con la etapa precontractual y contractual para que se tenga un mejor proceso de estimación y asignación de actividades previsibles que puedan afectar la ejecución de las fases del proyecto.

Para la Contraloría General del Departamento deben integrarse a los estudios previos componentes que permitan visualizar de forma técnica las necesidades a satisfacer y los medios más eficaces para ello. No puede adelantarse ningún proceso contractual sin los estudios correspondientes de pre factibilidad, factibilidad y estudios de mercado [4], tal como lo establece el artículo 25, numeral 12 de la Ley 80 de 1993.

En otras palabras, se identifica como causa de estas fallas, la falta de herramientas de programación de procesos de ingeniería destinadas a optimizar los sistemas de obras de construcción civil y que facilitan el buen desarrollo de las labores públicas. Según los Órganos Colegiados de Administración y Decisión -OCAD- [5], también se presenta el desconocimiento de metodologías y herramientas que pueden mejorar la línea de trabajo, haciéndola más ágiles y provechosas en virtud de optimizar los tiempos de ejecución de obras.

De esta manera, el objetivo planteado para este estudio fue analizar la influencia de la aplicación de la metodología PERT/CPM en el cumplimiento de las terminaciones de los proyectos de infraestructura en el departamento de Norte de Santander, por lo que se realizó un diagnóstico de las herramientas de ruta crítica que las empresas contratistas emplean en la planificación y se relacionó con el nivel de cumplimiento en la ejecución de los proyectos ejecutados durante el año 2018 y 2019.

A partir de estos resultados, se propusieron estrategias para el uso de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal a nivel

regional. En virtud de lo anterior, se propuso una investigación cuantitativa a nivel descriptivo y correlacional para tomar datos por medio de fuentes primarias y secundarias, apoyado en el uso de técnicas estadísticas para demostrar la relación que puede existir entre las herramientas de planificación tipo ruta crítica con la eficacia de los procesos constructivos.

2. Materiales y métodos

Esta investigación está basada en el análisis de la aplicación de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander. Para ello se aplicó una metodología de índole cuantitativa de carácter descriptivo y correlacional, que se define como aquella que consiste en el contraste de teorías existentes partiendo de una hipótesis surgida del tema [6]. La hipótesis fue establecer si existe relación significativa entre el uso de la metodología PERT/CPM y el nivel de cumplimiento en la ejecución de los proyectos de contratación del Departamento Norte de Santander.

La población se definió como el número de empresas que licitaron con el Estado para la realización de obras de infraestructura, dentro del ámbito geográfico del Departamento Norte de Santander durante el periodo 2017- 2018. Según la plataforma SECOP I (Colombia Compra Eficiente) en Norte de Santander se cuenta con 326 empresas que culminaron sus licitaciones en entre los años 2017-2018 en el Departamento. En el marco de esta investigación se tomó una muestra representativa de la población [6], usando para ello la ecuación del cálculo para muestras de poblaciones finitas (aquella donde se conoce el total de la población). Por lo tanto, la muestra fue de 117 licitadoras que fueron consultadas de manera aleatoria para este estudio. La información de las empresas fue obtenida a través de la página de licitaciones del estado, SECOP I.

Para la recopilación de información se utilizaron las técnicas de la encuesta y la revisión documental. La encuesta se utilizó para conocer sobre los procesos de planificación, el uso de la metodología PERT/CPM y para identificar las posibles causas que generan retraso en los proyectos. Se utilizó un cuestionario de 16 preguntas de selección múltiple que fue aplicado directamente en las empresas que aceptaron participar en el estudio. La

interacción con los encuestados fue directamente y por vía telefónica a solicitud del encuestado. Posteriormente, se consultó la base de datos del SECOP I para determinar el nivel de cumplimiento en la ejecución de los proyectos de parte de los contratistas encuestados y que entregaron obras durante el año 2018 y 2019 en el Departamento Norte de Santander, por medio de una ficha elaborada en Microsoft Excel.

La información se procesó por medio de herramientas estadísticas y la organización de los datos en tablas y gráficas según el uso o no de la metodología PERT/CPM, para luego establecer si existe una relación significativa con el cumplimiento de los plazos de entrega de las obras de infraestructura. La correlación de los datos se realizó mediante la prueba estadística χ^2 , usando el programa SPSS versión 23.0, bajo un margen de error del 5% que se emplea para conocer el grado de relación entre dos variables definidas.

3. Resultados y discusión

Una de las metodologías más conocida y que ayuda a determinar el camino crítico, es la conocida como método PERT (Program Evaluation and Review Technique) la misma, es desarrollada en el año 1957, inicialmente diseñada, para controlar los tiempos de ejecución de diversas actividades relacionadas con los proyectos espaciales. Esta metodología desarrolla la ruta crítica conocida como CPM (Critical Path Method). Este método aporta los elementos administrativos necesarios para formar el método del camino crítico actual, utilizando el control de los tiempos de ejecución y los costos de operación, haciendo que el proyecto total sea ejecutado en un menor tiempo y menor costo. En el método CPM se orienta a las actividades para determinar la duración de las mismas y se debe calcular con un grado razonable de precisión [7].

En específico PERT se define como una técnica de redes desarrollado en la década de los 50, por la fuerza armada norteamericana y luego implementada en la carrera espacial, dentro de los programas adelantados por la NASA para programar y controlar las tareas a realizar, sobre todo cuando estas dependen de los plazos de tiempo. Cuando hay un grado extremo de incertidumbre en proyectos nuevos y cuando el control sobre

el tiempo es más importante que el control del costo, entonces el método PERT es la mejor opción [7].

Diagnóstico de los procesos de planificación y uso de la metodología PERT/CPM en los proyectos de infraestructura

Para analizar la manera como las empresas de construcción realizan la planificación y hacen uso de herramientas de control de ingeniería se realizó primero una revisión de la situación del problema mediante la identificación de las principales fallas que se presentan en las contrataciones estatales. Para esto, se consultaron diferentes bases de datos académicas con proyectos relacionados con el retraso e incumplimiento de obras civiles y de construcción de vivienda [8], [9], [10], donde se definieron variables sobre el proceso de planificación (métodos complejos basados en secuenciación y restricciones), el uso de métodos de organización y despliegue de proyectos, y sobre la aplicación de controles en la ejecución de los mismos, lo cual se tuvo en cuenta para la elaboración del instrumento de recolección de datos que fue aplicado con las empresas que participaron en el estudio.

Por lo anterior, se aplicó un cuestionario dirigido a los representantes de las empresas para obtener el diagnóstico de los procesos de planificación que llevan a cabo, para saber si utilizan la metodología PERT/CPM y sobre las posibles causas que generan retraso en los proyectos que han ejecutado en los últimos dos años. Los primeros seis puntos del cuestionario correspondieron al proceso de planificación, por lo que se determinó que el 100% de las empresas encuestadas establecen objetivos puntuales para cada proyecto que desarrollan, así como para determinar las actividades durante la ejecución, por lo que también en un 100% se identifican y calculan los recursos requeridos para cada actividad.

A pesar de esto, no se observó lo mismo en procesos más complejos de planificación, ya que únicamente el 36% de encuestados identifican previamente los requisitos de secuenciación o restricciones de las actividades del proyecto, el 44% clasifica las actividades que pueden desarrollarse simultáneamente y el 71% logra determinar los tiempos estimados para cada una de estas actividades para facilitar la etapa de ejecución (Figura 1).

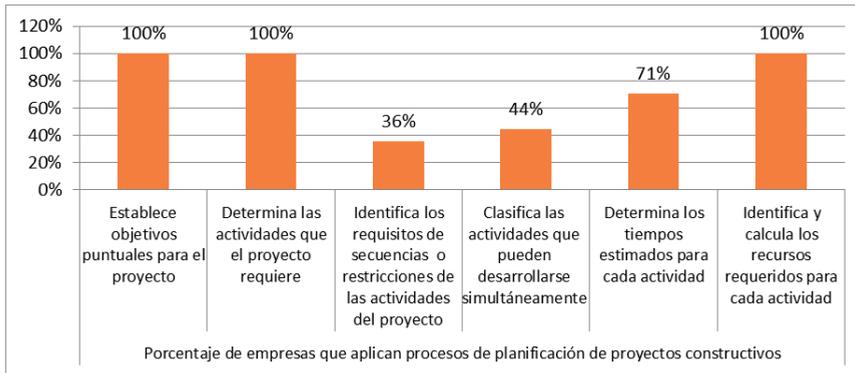


Figura 1. Proceso de planificación de los proyectos.

Fuente: Autores.

El siguiente aspecto que se investigó en los puntos siete, ocho y nueve fue sobre el uso de métodos de organización y despliegue de proyectos, donde se observó que el 67% de las empresas constructoras encuestadas utilizan en algún momento las gráficas de GANTT para organizar de forma gráfica los plazos en que se esperan realizar las actividades; sin embargo, en menor proporción se determinó que únicamente el 38% emplea la ruta crítica para definir la secuencia de los elementos principales de la red de tareas de un proyecto y solo el 21% respondió que emplea herramientas del método PERT/CPM para hacer la programación detallada y cuantificada de un proyecto (Figura 2). Se debe tener en cuenta que algunos encuestados que indicaron la utilización del método CPM también señalaron el uso de la ruta crítica, ya que tiene la misma base de funcionamiento y se puede hacer en el programa MS Project.

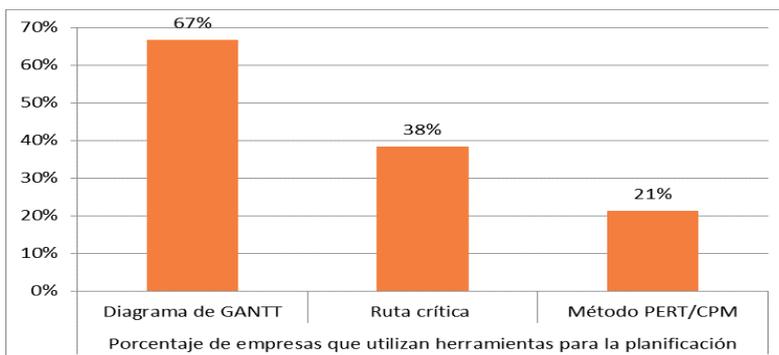


Figura 2. Métodos de organización y despliegue de proyectos.

Fuente: Autores.

Adicionalmente, se analizaron en los puntos 10 y 11 sobre el control de la ejecución de proyectos que realizan las empresas constructoras encuestadas, por lo que se determinó que el 99% de éstas siempre aplica control sobre los tiempos de ejecución, lo cual se realiza por medio de un cronograma de actividades, un diagrama de Gantt o las herramientas de PERT/CPM, mientras que el 90% respondió que lo aplica sobre los costos de operación por medio de la revisión del análisis de precios unitarios, el presupuesto general y el reporte de costos y gastos de cada corte o avance de obra (Figura 3).

Algunas empresas realizan estas revisiones una vez terminado el proyecto cuando es de baja complejidad, cuando ocurren adiciones de obras no esperadas o simplemente por la falta de herramientas para hacer registro de datos y seguimiento de costos.

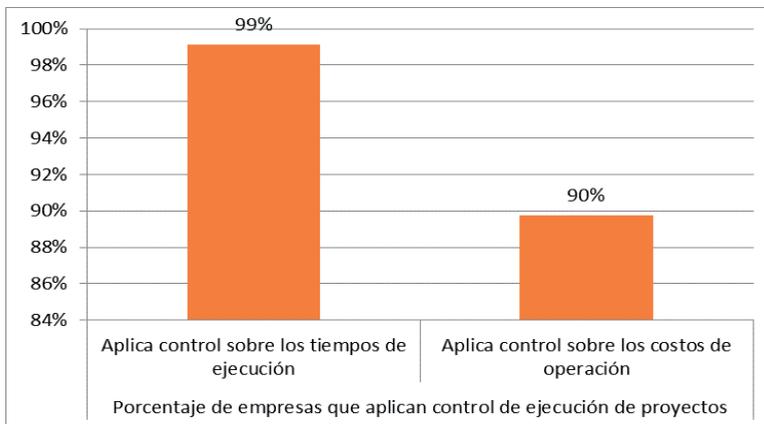


Figura 3. Aplicación del control de ejecución de proyectos.

Fuente: Autores.

En los últimos puntos del cuestionario se analizaron las posibles causas que generan retraso en los proyectos de infraestructura. Para el 50% de los encuestados los retrasos se deben a cambios en los diseños iniciales que suponen reorganización de actividades, mientras que el 62% indicó que sucede cuando hay retrasos por incumplimiento de contratistas y proveedores, y para el 41% es cuando se presentan retrasos por cambios en las especificaciones de materiales.

También se determinó que únicamente el 36% de las empresas constructoras

logra que sus proyectos sean ejecutados en menor tiempo y apenas el 28% obtiene un menor costo al finalizar y entregar las obras (Figura 4).

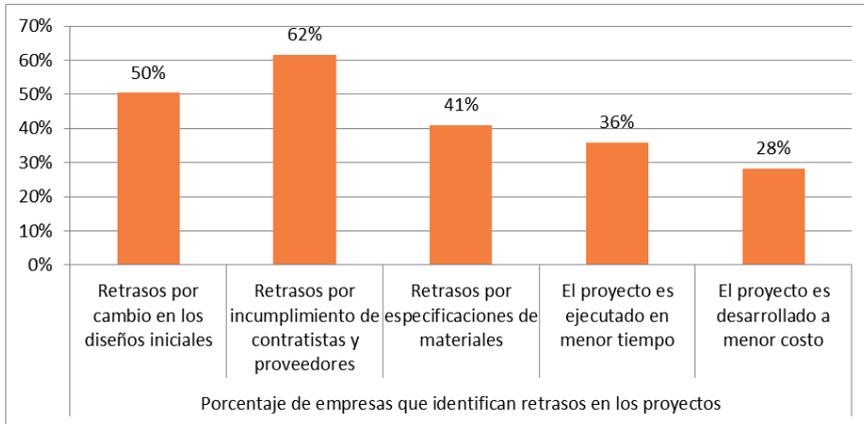


Figura 4. Posibles causas que generan retraso en los proyectos de infraestructura.

Fuente: Autores.

Estos resultados demuestran que las empresas analizadas tienen dificultades en la definición de procesos de planificación, despliegue y control de ejecución de obras, lo que se suma a otras causas externas como es el cambio en diseños, que se presenta cuando los estudios contratados no corresponden a las condiciones iniciales del terreno y se deben realizar modificaciones con repercusiones en los tiempos de ejecución de la obra. Otras causas son el incumplimiento de contratistas y otros cambios en especificaciones técnicas, que producen efectos negativos en el cumplimiento de la entrega de los proyectos y por lo tanto, en los sobrecostos por mayor consumo de recursos y procesos.

Estos resultados concuerdan con lo obtenidos por [8], [10], donde las principales causas de los retrasos en las obras civiles son por falta de coordinación con el contratista, errores técnicos durante la ejecución, cambio de diseños, adquisiciones tardías de materiales y equipos y retrasos en contratistas, lo cual está relacionado por factores como la falta de planificación de las obras y presupuestos no confiables.

Relación entre el uso de la metodología PERT/CPM y el nivel de cumplimiento en la ejecución de los proyectos de contratación del Departamento Norte de Santander

En esta parte de la investigación se analizó la relación entre el uso de la metodología PERT/CPM y el nivel de cumplimiento en la ejecución de los proyectos de contratación del Departamento Norte de Santander. En este caso, se realizó una revisión de datos disponibles en páginas de las instituciones públicas del estado como el SECOP I [11] y la gobernación de Norte de Santander, con el fin de hacer una revisión de las obras que ejecutaron las empresas encuestadas y que se culminaron en el Norte de Santander durante el año 2018 y 2019.

Al revisar las fechas del tiempo determinado para la terminación del contrato con la fecha en que fueron entregadas las obras se identificaron los proyectos que cumplieron con el cronograma presentado al momento de la licitación del proyecto. Estos resultados indicaron que únicamente el 31% de los proyectos seleccionados fueron entregados a tiempo, por lo que el 69% restante no logró dar cumplimiento a la planificación inicial (Figura 5).

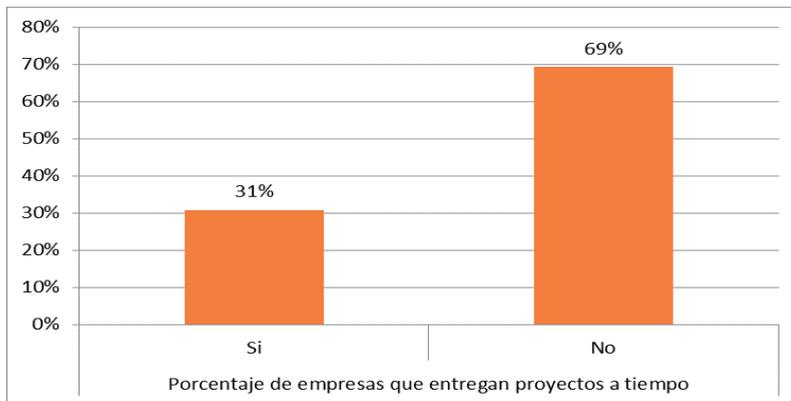


Figura 5. Empresas que participaron en el estudio y entregaron proyectos dentro de los plazos establecidos.

Fuente: SECOP I [11].

A partir de estos resultados, se definió la relación entre el uso de la metodología PERT/CPM que fue determinada por medio de la encuesta

que respondieron las empresas constructoras en la figura 3, con el nivel de cumplimiento en la ejecución de los proyectos de contratación presentada en la figura 6. El cruce de datos mostró que del 31% de empresas constructoras que respondieron que utilizan el método PERT/CPM, el 11% si cumple con las fechas de entrega de las obras y el 20% no cumple. No obstante, en el caso de las empresas que respondieron que no utilizan PERT/CPM (69%), se observó que únicamente el 10% cumple con las fechas de entrega de las obras y el 59% no logra cumplir con los plazos programados (Figura 6).

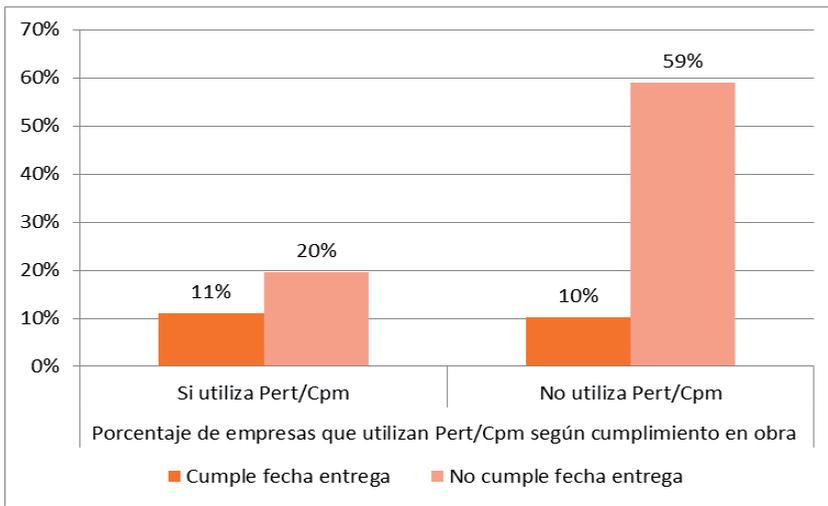


Figura 6. Empresas constructoras que utilizan método PERT/CPM frente al cumplimiento en entrega de obras

Fuente: Autores.

Estos resultados permitieron determinar que una de cada tres empresas constructoras que utilizan PERT/CPM logran sus metas en la terminación del contrato, aunque solo una de cada seis que no utilizan PERT/CPM logran cumplir la programación inicial de entrega de las obras, lo cual demuestra mayor favorabilidad cuando se utilizan procesos más complejos de planificación. La correlación de los datos se comprobó por medio de una prueba estadística χ^2 , (confiabilidad 5%) para definir el nivel de asociación entre las dos variables presentadas en la Figura 6. El resultado de la prueba χ^2 fue de $0,025 < 0,05$, por lo que se comprobó que existe relación significativa entre el uso de la metodología PERT/CPM y el cumplimiento en la ejecución de los proyectos de contratación en las empresas analizadas.

Para confirmar los datos anteriores se desarrolló otra comparación con las empresas constructoras que utilizan herramientas de planificación menos complejas como es el diagrama de Gantt. El cruce de datos mostró que del 67% de empresas constructoras que utilizan el diagrama de Gantt, el 23% si cumple con las fechas de entrega de las obras y el 44% no cumple. De forma contraria, el 34% de empresas que no utilizan el diagrama de Gantt, solo el 8% cumple con las fechas de entrega y el 26% no cumple (Figura 7). También se aplicó la prueba chi2 cuyo resultado fue de $0,1 > 0,05$, por lo que no existe una relación significativa entre el uso de esta herramienta con el cumplimiento en la ejecución de las obras de ingeniería en las empresas analizadas.

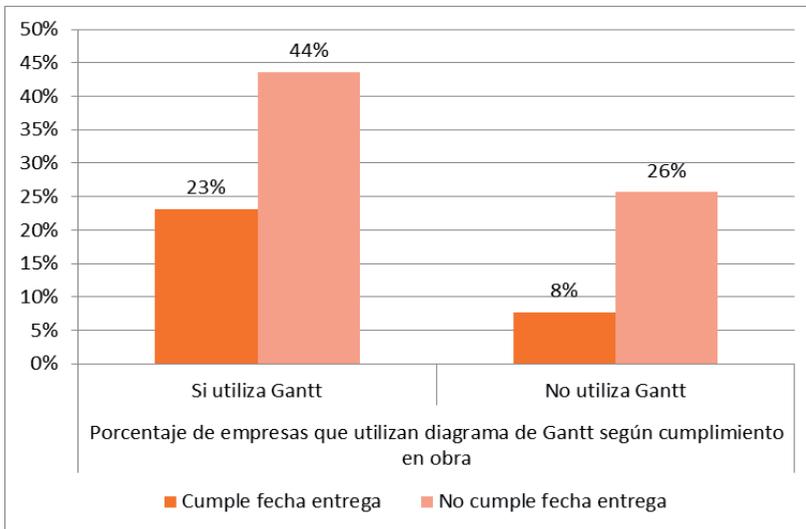


Figura 7. Empresas constructoras que utilizan el diagrama de GANTT frente al cumplimiento en entrega de obras

Fuente: Autores.

Estrategias para el uso de la metodología PERT/CPM en los proyectos de construcción

Acorde con los resultados obtenidos, se decidió proponer estrategias que logren promover el uso de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal a nivel regional. Las estrategias están enfocadas a mejorar las competencias que tiene el personal encargado de la planificación

de los proyectos dentro de estas empresas, quienes usualmente son ingenieros civiles, arquitectos y tecnólogos de obras civiles calculistas. También se proponen acciones para que las empresas fortalezcan los procesos de planificación y control de proyectos, ya que actualmente se enfatiza en la revisión de avances de obra, pero se deja de lado la revisión detallada de consumo de materiales y rendimientos que permitan tomar correctivos sobre la marcha. Además de lo anterior, para impulsar el uso de la metodología PERT/CPM se propone que las empresas deben adquirir según sus requerimientos software especializado para la planificación de proyectos con análisis de ruta crítica y que determinen la conveniencia del uso de PERT o CPM, dependiendo de las condiciones de incertidumbre o determinismo de los datos que tengan disponibles para la realización del mismo. Las estrategias se organizaron en la siguiente tabla para facilitar la descripción de los diferentes componentes (Tabla I).

Tabla I. Estrategias para el uso de la metodología PERT/CPM en proyectos de construcción.

Estrategia	Objetivo	Acciones a realizar
Fortalecer las competencias específicas en el uso de la metodología PERT/CPM	Diseñar acciones de formación para fortalecer las competencias específicas de los profesionales encargados de la planificación de proyectos constructivos en el uso de la metodología PERT/CPM.	Formación en: Uso de diagramas de Gantt MS Project (CPM ruta crítica) Técnicas de probabilidad aplicadas a ruta crítica (PERT)
Estructurar procesos de planificación y control de proyectos	Mejorar la organización de procesos de planificación y control de proyectos.	Identificación de secuenciación y restricciones de actividades constructivas. Estimación y estandarización de tiempos para actividades constructivas. Revisión de análisis de precios unitarios y rendimientos de obra para tipo de proyecto. Definición de controles de tiempo y costos en cada etapa de ejecución de proyectos.
Implementar metodología PERT/CPM	Evaluar las especificaciones técnicas de software e implantar la metodología PERT/CPM	Adquirir software especializado para la planificación de los proyectos en los métodos de ruta crítica como MS Project, OpenProj y GanttProject. Seleccionar y aplicar la metodología PERT en proyectos que son nuevos para la empresa y donde no se tienen datos históricos sobre tiempos de ejecución, demoras, rendimientos de obra, precios unitarios y presupuestos. Seleccionar y aplicar la metodología CPM en proyectos donde ya se tenga experiencia y se cuente con datos que aumentan la estimación de tiempos y costos durante el proyecto.

Fuente: Autores.

Conclusiones

Se logró identificar que las principales causas que generan retraso en los proyectos de las empresas que participaron en el estudio es por fallas en los procesos de planificación en aspectos como la débil identificación de requisitos de secuenciación y restricciones de las actividades constructivas, no se clasifican las actividades que pueden desarrollarse simultáneamente durante del proyecto y tampoco se determinan con exactitud los tiempos y recursos necesarios para cada labor.

Se observaron otras causas externas que generan retrasos en los proyectos de infraestructura, como son los retrasos por cambios en los diseños iniciales, por incumplimiento de contratistas y proveedores y retrasos por cambios en especificaciones de materiales, lo que genera que muchas veces estas empresas constructoras no puedan ejecutar las obras dentro del tiempo programado o que puedan obtener menor costo operativo.

Se logró establecer que la mayoría de las empresas constructoras utilizan gráficas de GANTT para soportar la programación de las obras, pero apenas una tercera parte utiliza rutas críticas en programas como MS Project y solo una quinta parte aplica metodologías combinadas de PERT/CPM, por lo que no se ha generalizado el uso de esta valiosa herramienta dentro del sector constructor de la región.

Se estableció una relación directa entre las empresas que utilizan la metodología PERT/CPM y el cumplimiento en la entrega de los proyectos en Norte de Santander, ya que ambos métodos permiten identificar la secuencia de actividades que suma el tiempo máximo acumulado para desarrollar el proyecto en el menor tiempo posible y dan soporte a la ejecución de las obras, en las labores se control y seguimiento.

Como aporte de la investigación se propusieron tres estrategias que pueden utilizar las empresas constructoras para fomentar el uso de la metodología PERT/CPM, las cuales consisten en acciones de formación sobre estas herramientas, en el mejoramiento de los procesos de planificación y control de proyectos internos, y en la adquisición de software especializado para desarrollar las programaciones de obra bajo condiciones de menor incertidumbre sobre el tiempo en que se pueden realizar.

Referencias

- [1] J. Rojas, y A. Hernández. “Aplicación del algoritmo matemático mixto para optimizar tiempo y costo de proyectos, en la constructora triada limitada” (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2007.
- [2] Departamento Nacional de Planeación. El desarrollo de la infraestructura en Colombia. Bogotá: El DNP, 2018.
- [3] P. Sarmiento. “Aplicación de una herramienta de modelado en dinámica de sistemas para la estimación de costos de proyectos en licitaciones de servicios de ingeniería de software y sistemas de información en Colombia” (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2016.
- [4] Contraloría General del Departamento Norte de Santander. Informe especial sobre obras inconclusas, 2016.
- [5] Secretaría de Transparencia de la Presidencia. Más de \$1 billón de pesos están en riesgo por 83 obras inconclusas. Bogotá: La Presidencia, 2016.
- [6] M. Tamayo. El método de investigación. Caracas: Limusa, 2007.
- [7] E. Aldunate. Gestión de la ejecución de proyectos públicos. Santiago: CEPAL, 2015.
- [8] E. Gordo, J. Potes, y J. Vargas. Factores que ocasionan retrasos en obras civiles en Empresas Públicas de Neiva (Tesis de posgrado). Universidad de Santo Tomas. Bucaramanga, Colombia, 2017.
- [9] A. Acevedo, L. Gómez, y M. Herreño. Análisis comparativo de las causas que más impactan los retrasos de obra en viviendas multifamiliares en Bogotá (estudio de caso) (Tesis de posgrado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia, 2018.

[10] M. Burgos, y D. Vela. Análisis de las causas del incumplimiento de la programación en las obras civiles. Ingeniería civil. Universidad Militar Nueva Granada (Tesis de pregrado). Bogotá, Colombia, 2015.

[11] Plataforma Transaccional con Cuentas para las Entidades Estatales y los Proveedores- SECOP I. Licitación Pública, Norte de Santander, 2018.