



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Análisis de las causas de retraso y sobrecoste en la
construcción de vías terciarias en Colombia

Presentado por

Chamíe Carrillo, Samir Alfredo

Para la obtención del

Master Universitario en Planificación y Gestión en
Ingeniería Civil

Curso: 2020/2021

Fecha: 06 de septiembre de 2021

Tutores: Sanz Benlloch, Amalia

Cotutor: Montalbán Domingo, Laura

Cotutor externo: Gómez Cabrera, Adriana

Dedicatoria: El trabajo de fin de master está dedicado a mis padres, cuyo incontable apoyo desde Colombia fue indispensable para perseguir los objetivos del trabajo de investigación realizado, acompañándome en cada una de las etapas del proceso.

Agradecimientos: A mis tutoras de investigación: Amalia Sanz Benlloch, Adriana Gómez Cabrera y Laura Montalbán Domingo, quienes guiaron desde el primer momento mi investigación y compartieron su conocimiento y experiencia conmigo, con lo que pude explorar mi máximo potencial.

RESUMEN

El presente trabajo de fin de máster consiste en un estudio de las causas que provocan incremento en el plazo y coste en la construcción de vías terciarias en Colombia. Este es un problema que se presenta alrededor del mundo en todo tipo de proyectos de ingeniería, independientemente del año, contexto socio-cultural y ubicación geográfica. La frecuencia con la que ocurre el fenómeno ha llegado al punto de normalizarse, lo que en el contexto colombiano representa un problema para el desarrollo rural del país, pues sus efectos terminan afectando a quienes más necesitan de los beneficios de este tipo de vías, que impulsan la economía rural, calidad de vida y recuperación de territorios en conflicto. A día de hoy son escasos los esfuerzos por entender, identificar y proponer soluciones para los factores causantes de los incrementos en contratos, sin mencionar que pocas investigaciones abarcan otros ámbitos del problema (como su relación con los procesos de selección) o hacen uso de bancos de datos históricos. Por esta razón, a través de una serie de preguntas de investigación, se determinó las principales causas que producen los incrementos en el precio y plazo final, la relación entre estas y la influencia que tienen las variables del proceso de selección sobre su ocurrencia. Lo que llevó a cumplir el objetivo principal, analizar el problema para el contexto colombiano, entenderlo y realizar una propuesta de mejora para los procesos de licitación que permita minimizar los retrasos y sobrecostes que se producen en la construcción de este tipo de infraestructuras. Para ello se partió de una revisión literaria de causas alrededor del mundo, compaginada con información de bancos de datos públicos que se obtuvieron de plataformas gubernamentales (de contratos ejecutados y documentados). Información con la que se definieron 136 variables y una muestra poblacional de 130 elementos con la que (después de analizar la descripción estadística de cada una de ellas en búsqueda de valores atípicos) se realizó análisis estadísticos bivariados (mediante tablas de contingencia) y análisis multivariados (mediante regresiones logísticas) para dar respuesta a las preguntas de investigación. El estudio se limitó en su alcance a investigar las fases de licitación y de construcción en obras públicas de vías terciarias colombianas presentes en la plataforma de datos abiertos SECOP en el periodo comprendido entre 2015 y 2018. Los resultados obtenidos permitieron conocer un listado de 23 causas en la literatura de incrementos en plazo y coste alrededor del mundo, de las cuales 13 son imputables al actuar del contratista de obra. Se encontró que, del listado en la literatura, solo 6 causas son las principales en el contexto de vías terciarias colombianas, abarcando desde el clima hasta la deficiente gestión del constructor, siendo el aumento de cantidades una causa común de sobrecostes y retrasos. Del mismo modo se identificaron 12 variables del proceso de selección que poseen influencia en la ocurrencia de los incrementos, los cuales afectan los plazos dentro del propio proceso de selección, la seriedad a la hora de presentar ofertas, fiabilidad bancaria, previsiones de cronograma e inversión; y la calidad ofertada de ejecución. Estos resultados son muy interesantes ya que generan futuras líneas de investigación, siendo el punto de partida sobre el cual estudiar la magnitud y condiciones de los efectos de las causas y variables identificadas. Como recomendación se propone incluir o retirar las variables identificadas (dependiendo el caso) de los procesos para mitigar futuros incrementos.

ABSTRACT

The master's thesis consists of a study of causes that produce increases in time and cost in tertiary roads construction projects in Colombia. This is a problem that occurs around the world in all types of engineering projects, regardless of year, socio-cultural context and geographic location. The frequency with which the phenomenon occurs has reached the point of normalization, which in the Colombian context represents a problem for the country's rural development, since its effects end up affecting those who most need the benefits of this type of road, which develops the rural economy, life quality and territories in conflict recovery. Nowadays, there are few efforts to understand, identify and propose solutions for the factors causing increases in contracts, and there are just a few investigations covering other areas of the problem (such as its relationship with selection processes) or make use of banks of historical data. For this reason, through of research questions, the main causes that produce increases in price and final term were determined, with the relationship between them and the influence that the selection process variables have on their occurrence. This led to the fulfillment of the main objective, to analyze the problem for the Colombian context, understand it and do an improvement proposal for the bidding processes that allows minimizing the delays and cost overruns that occur in the construction of this type of infrastructure. To do this, a literary review of cases around the world was carried out, combined with information from public databases obtained from government platforms (from executed and documented contracts). Information with which a 136 variables and a study population sample of 130 elements were defined and then (after analyzing the statistical description of each one of them in search of outliers) a bivariate statistical analysis (using contingency tables) and a multivariate analysis (using logistic regressions) was carried out to answer the research questions. The study was limited in its scope to investigated the bidding and construction phases in public construction of Colombian tertiary roads present in the SECOP open data platform in the period between 2015 and 2018. The results obtained allowed to know a list of 23 causes in the literature of increases in time and cost around the world, where 13 are attributable to the action of the contractor. It was found that, from the literature list, only 6 causes are the main ones in the Colombian context of tertiary roads, ranging from the weather to the poor management of the constructor, with the increase in quantities being a common cause of cost overruns and delays. In the same way, 12 variables of the selection process were identified that have influence on the occurrence of increases, which affect the deadlines within the selection process, the certainty of submitting offers, bank reliability, schedule and investment forecasts; and the execution quality offered. These results are very interesting since they generate future lines of research, being the starting point on which study the magnitude and conditions of the effects of this causes and identified variables. It is recommended to include or remove the identified variables (depending on the case) of selection processes to mitigate future increases.

RESUM

El present treball de fi de màster consisteix en un estudi de les causes que provoquen increment en el termini i cost en la construcció de vies terciàries a Colòmbia. Aquest és un problema que es presenta al voltant del món en tota mena de projectes d'enginyeria, independentment de l'any, context sociocultural i ubicació geogràfica. La freqüència amb la qual ocorre el fenomen ha arribat al punt de normalitzar-se, la qual cosa en el context colombià representa un problema per al desenvolupament rural del país, perquè els seus efectes acaben afectant als qui més necessiten dels beneficis d'aquest tipus de vies, que impulsen l'economia rural, qualitat de vida i recuperació de territoris en conflicte. Hui dia són escassos els esforços per entendre, identificar i proposar solucions per als factors causants dels increments en contractes, sense esmentar que poques investigacions abasten altres àmbits del problema (com la seua relació amb els processos de selecció) o fan ús de bancs de dades històriques. Per aquesta raó, a través d'una sèrie de preguntes d'investigació, es va determinar les principals causes que produeixen els increments en el preu i termini final, la relació entre elles i la influència que tenen les variables del procés de selecció sobre la seua ocurrència. El que va portar a complir l'objectiu principal, analitzar el problema per al context colombià, entendre-ho i realitzar una proposta de millora per als processos de licitació que permeta minimitzar els retards i sobre costos que es produeixen en la construcció d'aquesta mena d'infraestructures. Per a això es va partir d'una revisió literària de causes al voltant del món, compaginada amb informació de bancs de dades públiques que es van obtindre de plataformes governamentals (de contractes executats i documentats). Informació amb la qual es va definir 136 variables i una mostra poblacional de 130 elements amb la qual (després d'analitzar la descripció estadística de cadascuna d'elles en cerca de valors atípics) es va realitzar anàlisis estadístiques bivariades (mitjançant taules de contingència) i anàlisis multivariades (mitjançant regressions logístiques) per a donar resposta a les preguntes d'investigació. L'estudi es va limitar en el seu abast a investigar les fases de licitació i de construcció en obres públiques de vies terciàries colombianes presents en la plataforma de dades obertes SECOP en el període comprés entre 2015 i 2018. Els resultats obtinguts van permetre conèixer un llistat de 23 causes en la literatura d'increments en termini i cost al voltant del món, de les quals 13 són imputables en actuar del contractista d'obra. Es va trobar que, del llistat en la literatura, només 6 causes són les principals en el context de vies terciàries colombianes, abastant des del clima fins a la deficient gestió del constructor, sent l'augment de quantitats una causa comuna de sobre costos i retards. De la mateixa manera es van identificar 12 variables del procés de selecció que posseeixen influència en l'ocurrència dels increments, els quals afecten els terminis dins del propi procés de selecció, la serietat a l'hora de presentar ofertes, fiabilitat bancària, previsions de cronograma i inversió; i la qualitat oferida d'execució. Aquests resultats són molt interessants ja que generen futures línies d'investigació, sent el punt de partida sobre el qual estudiar la magnitud i condicions dels efectes de les causes i variables identificades. Com a recomanació es proposa incloure o retirar les variables identificades (depenent el cas) dels processos per a mitigar futurs increments.

RESUMEN EJECUTIVO

Título: Análisis de las causas de retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia.

Autor: Samir Alfredo Chamíe Carrillo

Planteamiento del Problema

Los sobrecostes y retrasos en obras de construcción alrededor del mundo son un problema tan común, que se han vuelto casi una parte integral de las obras. No es la excepción la construcción de vías terciarias en Colombia, siendo proyectos cruciales para el desarrollo a futuro de la región rural y cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible del país. Sin embargo, existen escasos estudios que busquen identificar, entender y mitigar las desviaciones en contratos de tan alta importancia para los colombianos.

Objetivos

- Identificar causas de retraso y sobrecoste en la construcción de infraestructuras viarias a partir de la revisión de la literatura.
 - Analizar las causas de retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia.
 - Analizar los criterios del proceso de contratación que influyen en el retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia.
-

Estructura Organizativa

Capítulo 1: Introducción a la investigación que recoge el planteamiento del problema, justificación de la investigación, objetivo general y específicos, preguntas de investigación y alcance.

Capítulo 2: Contexto de la investigación que abarca el estado actual de la infraestructura vial colombiana, la red terciaria del país y la metodología de ley que regula la contratación de obra pública colombiana.

Capítulo 3: Marco teórico que contempla conceptos generales, descripción del proceso de licitación pública en Colombia y marco general de las causas de desviaciones en el sector construcción.

Capítulo 4: Metodología de la investigación detallando el esquema de investigación empleado, recolección de información, clasificación, caracterización y análisis estadísticos.

Capítulo 5: Resultados y discusiones interpretando cada uno de los análisis estadísticos realizados, estableciendo respuestas concretas para resolver las preguntas de investigación.

Capítulo 6: Conclusiones detallando el cumplimiento de los objetivos establecidos, la contribución principal de la investigación, sus recomendaciones, limitaciones y futuras líneas de investigación.

Método	<p>Se siguió un esquema de investigación que contempló tres etapas. La primera fue una recolección de información, partiendo por investigar causas de desviaciones a partir de una revisión literaria. Posteriormente se revisaron contratos ejecutados y documentados en el portal público de datos abiertos SECOP del gobierno colombiano, sobre lo cual se definió una muestra poblacional de 130 elementos, que fueron clasificados y preparados. La segunda etapa fue la caracterización de la muestra, donde se identificaron 136 variables de investigación (incluidas causas de desviaciones y variables del proceso de selección); realizando seguidamente tratamiento de valores atípicos y desarrollando un análisis univariado de la información para descartar variables no concluyentes, depurando el listado a 105 variables. Por último, la tercera etapa fue la identificación de variables significativas mediante análisis estadísticos bivariados y multivariados, utilizando tablas de contingencia y regresiones logísticas respectivamente; con ello se logró identificar de las 105 variables, las que efectivamente son las principales causas de desviaciones por un lado, y por el otro identificar las variables del proceso de contratación que poseen influencia en la ocurrencia de sobrecostes y retrasos en vías terciarias de Colombia.</p>
Cumplimiento de objetivos	<p>Mediante el esquema de investigación planteado se logró responder a los objetivos, identificando las causas de retraso y sobrecoste en infraestructura viaria presente en la literatura; identificando y analizando las principales causas de desviaciones en vías terciarias en Colombia y haciendo lo propio para identificar los principales criterios de los procesos de contratación que influyen en las desviaciones en vías rurales colombianas.</p>
Contribuciones	<p>La investigación contribuyó principalmente en establecer las principales causas y criterios del proceso de contratación que influyen sobre la aparición de sobrecostes y retrasos en vías terciarias colombianas, aportando una investigación más sobre un problema escasamente estudiado en el país, lo que supone el punto de partida para futuros investigadores. Adicionalmente aporta una serie de recomendaciones para la mejora de los procesos de selección colombianos en búsqueda de mitigar las posibles desviaciones.</p>

Recomendaciones

Se realizó 5 recomendaciones como propuestas de mejora para los procesos de contratación llevados a cabo en Colombia regidos por los pliegos de condiciones tipo, buscando disminuir la probabilidad de sobrecostos y retrasos en vías terciarias. Las recomendaciones son: (1) prolongar los plazos del proceso de selección, en especial el plazo para preparación de ofertas, (2) solicitar un plazo de garantía de seriedad en ofertas de licitación lo más prolongada posible, (3) incluir la carta de cupo bancario y programa de obra dentro de los requisitos financieros y técnicos respectivamente, (4) incluir el programa de inversiones, análisis de precios unitarios, plan de calidad y experiencia adicional de personal en los factores ponderables, (5) mantener excluido de los pliegos tipo la carta de ofrecimiento de obra adicional a cargo del contratista.

Limitaciones

La limitación principal se encuentra asociada con el alcance de la investigación, ya que solo se centra en vías terciarias de carácter público. Además, el estudio se enfocó en investigar sobre la causalidad de las desviaciones (ocurren o no ocurren), más no en determinar la magnitud de estas. Adicionalmente se limitó en identificar causas y criterios de contratación influyentes, mas no en la justificación del hallazgo, siendo esto el punto de partida para futuras investigaciones.

Índice del contenido

1. Introducción	14
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Justificación de la Investigación	16
1.3. Objeto general	18
1.4. Objetivos específicos.....	18
1.5. Preguntas de Investigación.....	18
1.6. Alcance.....	19
2. Contexto de la Investigación	19
2.1. La infraestructura vial en Colombia.....	19
2.2. La construcción de vías terciarias en Colombia.....	23
2.3. Contratación de obra pública en Colombia	28
3. Marco teórico	34
3.1. Conceptos generales.....	34
3.2. Proceso de licitación pública en Colombia	38
3.3. Causas de desviaciones en plazo y coste en sector construcción	46
4. Metodología de la Investigación	49
4.1. Identificación y clasificación de causas de retraso y sobrecoste.....	50
4.2. Definición de la población y la muestra de estudio.....	52
4.3. Recolección, clasificación de datos y preparación de los datos	54
4.4. Caracterización de la muestra	68
4.5. Análisis estadístico.....	70
5. Resultados	74
5.1. Principales causas de retraso y sobrecoste en construcción presentes en la literatura	74
5.2. Descripción de la muestra	81
5.3. ¿Cuáles son las causas principales que producen incrementos en el precio y plazo final?89	
5.4. ¿Qué relación existe entre las causas de desviación en coste y las causas de desviación en tiempo?.....	96
5.5. ¿Qué variables del proceso de contratación influyen significativamente en el incremento del precio y plazo?	97
6. Discusiones	109
6.1. Principales causas de desviaciones y relación entre ellas	109

6.2.	Influencia del proceso de selección en el éxito del proyecto	111
7.	Conclusiones	113
7.1.	Cumplimiento de los objetivos.....	113
7.2.	Contribución de la investigación.....	117
7.3.	Recomendaciones.....	117
7.4.	Limitaciones	118
7.5.	Futuras líneas de investigación	119
8.	Referencias	121
9.	Anexos	127
9.1.	Anexo 1. Descripción estadística de variables numéricas.....	127
9.2.	Anexo 2. Diagrama de bigotes o box plot de las variables numéricas.....	128
9.3.	Anexo 3. Tablas y figuras de la descripción estadística de la muestra.....	132
9.4.	Anexo 4. Matriz de correlación de Spearman de las 31 variables numéricas.....	147
9.5.	Anexo 5. Coeficiente de variación de variables numéricas.....	149
9.6.	Anexo 6. Anexo ODS al trabajo de fin de máster	150

Índice de Tablas

Tabla 1. Requisitos habilitantes jurídicos de los pliegos tipo.	40
Tabla 2. Requisitos habilitantes financieros de los pliegos tipo.....	42
Tabla 3. Requisitos habilitantes técnicos de los pliegos tipo.	43
Tabla 4. Factores ponderables del sobre N° 1 de los pliegos tipo.	44
Tabla 5. Método de determinación de fórmula para ponderación de ofertas económicas del pliego tipo.	45
Tabla 6. Variables de las características del proceso de contratación.	57
Tabla 7. Variables de las causas de desviaciones imputables al contratista.....	60
Tabla 8. Variables de las causas de desviaciones no imputables al contratista.....	60
Tabla 9. Variables de los criterios habilitantes jurídicos.....	61
Tabla 10. Variables de los requisitos habilitantes financieros.	62
Tabla 11. Variables de los requisitos habilitantes técnicos.	62
Tabla 12. Variables de los factores ponderables.	64
Tabla 13. Descripción de variables de requisitos habilitantes y ponderables por fuera de pliegos tipo.	66
Tabla 14. Desviaciones en tiempo y/o coste imputable al contratista en la literatura.	77
Tabla 15. Desviaciones en tiempo y/o coste no imputable al contratista en la literatura.	80
Tabla 16. Correlaciones identificadas de la matriz de Spearman.....	85
Tabla 17. Listado definitivo de variables para la investigación.	86
Tabla 18. Tabla de contingencias entre la variable desviación en coste y aumento en cantidades. ..	89
Tabla 19. Tabla de contingencias entre la variable desviación en coste y adición ítems no previstos.	90
Tabla 20. Tabla de contingencias entre la variable desviación en coste y deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos.	90
Tabla 21. Tabla de contingencias entre la variable “desviación en plazo” y “deficiente gestión del tiempo y cronograma”.....	92
Tabla 22. Tabla de contingencias entre la “desviación en plazo” y “inclemencias meteorológicas”.	92
Tabla 23. Tabla de contingencias entre la “desviación en plazo” y “aumento de cantidades”.	93
Tabla 24. Tabla de contingencias entre la “desviación en plazo” y “deficiente gestión de recursos”.	93
Tabla 25. Principales causas de desviaciones en coste y plazo de vías terciarias en Colombia.....	95
Tabla 26. Distribución de los casos con aumento de cantidades en ambos tipos de desviaciones....	96
Tabla 27. Tabla de contingencias entre la variable “aumento en cantidades” y “adición de ítems no previstos”.....	97
Tabla 28. Prueba pseudo R-cuadrada de la regresión logística de con los casos de sobrecoste.....	98
Tabla 29. Regresión logística multinomial de las características del proceso de contratación y el sobrecoste.	99
Tabla 30. Regresión logística multinomial de los requisitos habilitantes jurídicos y el sobrecoste.	99
Tabla 31. Regresión logística multinomial de los requisitos habilitantes financieros y el sobrecoste.	100
Tabla 32. Regresión logística multinomial de los requisitos habilitantes técnicos y el sobrecoste.	100

Tabla 33. Regresión logística multinominal de los factores ponderables y el sobre coste.....	100
Tabla 34. Prueba pseudo R-cuadrada de la regresión logística de con los casos de retraso.....	104
Tabla 35. Regresión logística multinominal de las características del proceso de contratación y el retraso.....	105
Tabla 36. Regresión logística multinominal de los requisitos habilitantes jurídicos y el retraso....	105
Tabla 37. Regresión logística multinominal de los requisitos habilitantes financieros y el retraso.	106
Tabla 38. Regresión logística multinominal de los requisitos habilitantes técnicos y el retraso.....	106
Tabla 39. Regresión logística multinominal de los factores ponderables y el retraso.....	106
Tabla 40. Variables del proceso de contratación que más influyen en las desviaciones de coste y plazo.....	108
Tabla 44. Análisis de variabilidad de las variables de características del proceso de contratación.	133
Tabla 45. Análisis de variabilidad de las causas de desviación en coste no imputable al contratista.....	134
Tabla 46. Análisis de variabilidad de las causas de desviación en plazo no imputable al contratista.....	135
Tabla 47. Análisis de variabilidad de las causas de desviación en coste imputable al contratista. .	136
Tabla 48. Análisis de variabilidad de las causas de desviación en plazo imputable al contratista..	137
Tabla 49. Análisis de variabilidad de los requisitos habilitantes jurídicos.....	138
Tabla 50. Análisis de variabilidad de los requisitos habilitantes financieros.....	140
Tabla 51. Análisis de variabilidad de los requisitos habilitantes técnicos.	141
Tabla 52. Análisis de variabilidad de los factores ponderables.....	144

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución de la infraestructura vial en Colombia	20
Figura 2. Generaciones de concesiones viales en Colombia a través del tiempo.....	22
Figura 3. Histórico de inversiones (US\$ millones) de concesiones público-privadas en Colombia..	22
Figura 4. Distribución entidades a cargo de la red terciaria en Colombia.	24
Figura 5. Distribución de la red terciaria en Colombia.	25
Figura 6. Inversión 2010-2015 en red terciaria de Colombia (cifras en millones de euros).	26
Figura 7. Estructura general de los procesos de contratación en Colombia.	31
Figura 8. Esquema de la metodología de la investigación.	50
Figura 9. Clasificación de la muestra.	56
Figura 10. Plazos dentro del proceso de contratación.	59
Figura 11. Interacciones entre variables conforme a las preguntas de investigación.....	71
Figura 12. Distribución de países por publicación de la búsqueda literaria en WOS.	75
Figura 13. Clasificación por categorías de la búsqueda literaria en WOS.	75
Figura 14. Clasificación por categoría de la búsqueda literaria en scopus.....	76
Figura 15. Distribución por países de publicaciones de la búsqueda literaria en scopus.	76
Figura 16. Gráficos de torta o Pie de las variables de las características del proceso de contratación.	132
Figura 17. Gráfica de frecuencias las variables de las características del proceso de contratación.	133
Figura 18. Gráfica de frecuencias de las causas de desviación en coste no imputable al contratista.	134
Figura 19. Gráfica de frecuencias de las causas de desviación en plazo no imputable al contratista.	135
Figura 20. Gráfica de frecuencias de las causas de desviación en coste imputable al contratista... 136	136
Figura 21. Gráfica de frecuencias de las causas de desviación en plazo imputable al contratista. . 137	137
Figura 22. Gráfica de frecuencias de los requisitos habilitantes jurídicos.	138
Figura 23. Gráfico de torta o pie de la variable requisito habilitante jurídico “avala la propuesta”.	139
Figura 24. Gráfica de frecuencias de los requisitos habilitantes financieros.....	140
Figura 25. Gráfica de frecuencias de los requisitos habilitantes técnicos.	141
Figura 26. Gráfico de torta o pie de la variable requisito habilitante técnico “objeto de contratos”.	142
Figura 27. Gráfica de frecuencias de los factores ponderables (1).....	143
Figura 28. Gráfica de frecuencias de los factores ponderables (2).....	143
Figura 29. Gráfico de torta o pie de la variable factor ponderable “método de asignación”.	146
Figura 30. Gráfico de torta o pie de la variable factor ponderable “mayor relevancia de puntaje”. 146	146

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Método de estimación de una muestra finita.	54
--	----

1. Introducción

A nivel mundial se presenta un fenómeno que afecta los contratos del sector construcción de cualquier índole, naturaleza y ubicación: las desviaciones contractuales. Las obras de ingeniería cada vez más complejas, las regulaciones ambientales y los medios políticos por los que atraviesan todos estos proyectos llevan a los contratistas de obra a presionarse al máximo para completar sus encomiendas en el menor tiempo, coste y a la mayor calidad posible (Famiyeh et al., 2017).

Todo esto termina desembocando en que muchos proyectos de construcción alrededor del mundo experimentan sobrecostes y retrasos en sus contratos, especialmente evidentes en proyectos de infraestructura vial (Famiyeh et al., 2017). Siendo un fenómeno común tanto en países en desarrollo o desarrollados, en diferentes épocas y ambientes socio-culturales (Manzano-Alvarado, 2019; Memon y Rahman, 2014).

El sector construcción juega un rol fundamental para el crecimiento de la economía de cualquier país (Famiyeh et al., 2017). Colombia no es la excepción, donde la construcción aporta cerca del 7% del PIB (MAEUEC, 2021); donde la infraestructura vial es uno de los pilares del sector, junto con la construcción de edificaciones, son un foco de proyectos que fomentan el trabajo y traen consigo desarrollo.

Colombia es un país históricamente golpeado por el conflicto armado, especialmente en zonas rurales. Principalmente porque Colombia posee una red terciaria atrasada y heterogéneamente distribuida (Narvaez, 2017), lo que demanda la inversión en este tipo de vías. Estos proyectos de ingeniería traen consigo desarrollo para su región, acceso a educación, hospitales y en general mejora en la calidad de vida de la población campesina colombiana, ratificando la presencia del gobierno en zonas remotas (Murillo, 2017).

Por tanto, es vital adelantar estudios que ayuden al desarrollo de estas obras con el menor margen de imprevisto posible. La necesidad de estudios que determinen indicadores tempranos sobre el manejo y gestión de las desviaciones para su mitigación es imperativo y una necesidad clara en el sector construcción (Safapour y Kermanshachi, 2019). Sin embargo, antes de determinar las acciones mitigantes, hay que realizar un estudio de los factores que detonan dichas desviaciones (Lozano-Serna et al., 2018), conociendo la naturaleza de estos para atacar el problema.

Es por esta razón que el trabajo de fin de master se presenta como un estudio de las causas que producen incrementos en el coste y en el plazo en la construcción de vías terciarias en Colombia, a partir de los datos públicos que se obtienen de la plataforma en la que las entidades estatales publican los documentos del proceso.

Se presenta una investigación que abarca desde la preparación de los contratos, pasando por procesos de selección, hasta su liquidación, cuyo resultado realiza una propuesta de mejora en el proceso de licitación que permite minimizar los retrasos y sobrecostos que se producen en la construcción de este tipo de infraestructuras tan necesaria para el país.

1.1. Planteamiento del problema

Convencionalmente un proyecto de construcción se considera exitoso cuando es finalizado sin presentarse alteraciones en la calidad, plazo o presupuesto inicialmente contratados por un ente promotor (Rosenfeld, 2014). Sin embargo, las desviaciones en coste y plazo que ocurren en las obras se han vuelto casi una parte integral de estas, donde a pesar de su impacto negativo, se consideran casi componentes naturales que acompañan a la construcción de proyectos (Rosenfeld, 2014).

Se ha llegado al punto en el que se ha normalizado la ocurrencia de las desviaciones en coste y plazo, motivo por el cual durante los últimos 20 años, diversos autores se han dedicado a investigar y deducir el motivo que provoca estos hechos contractuales alrededor del mundo (Rosenfeld, 2014). En la literatura se encuentran múltiples enfoques de investigación para abarcar las desviaciones contractuales. Algunos autores orientan sus investigaciones en cuantificar el impacto (Diekmann et al., 1985; Flyvbjerg et al., 2004; Lee, 2008), otros en establecer sus causas y formas de prevención (Aibinu y Odeyinka, 2006; Chang, 2002), otros en establecer la forma de gestionarlos (Aibinu, 2006) o algunos buscan hasta determinar la viabilidad de planificarlos para reducir sus efectos (Abdul-Malak et al., 2002; Zhao et al., 2008).

Las causas que provocan las desviaciones en coste y plazo dependen de múltiples factores. Entre ellos se encuentran los financieros, medios materiales, ambiente político y reglamentario, imprevistos, relación contractual, mano de obra, maquinaria, clima, programación y control (Abd El-Razek et al., 2008), es decir, que los factores se podrían agrupar en entorno interno (gestión interna de proyectos) y entorno externo (ambiente sociocultural que abarca el clima político, económico, tecnológico y cultural)(Lozano-Serna et al., 2018). Estos siempre dependerán de la ubicación de los proyectos y la época en las que se desarrollen.

Adicionalmente estos factores en mayor o menor medida se ven afectados por los agentes participantes de los proyectos de construcción, donde interviene el contratista, consultores, cliente y dirección facultativa, quienes gestionan, revisan y aprueban las adiciones en presupuesto o plazo a las obras contratadas (Santoso y Soeng, 2016). Sin mencionar que estos factores pueden ser identificados en todas las fases del ciclo del proceso proyecto-construcción, empezando por la fase de planificación y diseño, pasando por la fase de licitación, construcción y finalización de obra (Gomez-Cabrera et al., 2019).

Las desviaciones en construcción de vías es un fenómeno mundial (Mahamid et al., 2012). Solo en Estados Unidos de América el 50% de los proyectos viales poseen desviaciones a las condiciones inicialmente contratadas (Shane et al., 2009) y se ha establecido que alrededor del mundo en 9 de cada 10 proyectos de infraestructura vial presentará desviaciones (Flyvbjerg et al., 2002). El fenómeno se observa también en Egipto (Abd El-Razek et al., 2008), Palestina (Mahamid et al., 2012), Malawi (Kamanga y Steyn, 2013), Corea del sur (Kavuma et al., 2019) y Ecuador (Manzano-Alvarado, 2019).

El caso colombiano no es la excepción, y a pesar de que se han realizado algunos esfuerzos por determinar la magnitud y naturaleza del problema en el país, identificando los aspectos más influyentes que se relacionan a la variación en plazo y coste en proyectos de varios tipos (Lozano-Serna et al., 2018). La realidad es que aún es escasa la literatura que intenta llegar al fondo y analizar las desviaciones de proyectos viales, con lo que se pueda establecer su influencia y acciones de mejora para prevenir o mitigar sus consecuencias (Lozano-Serna et al., 2018).

El problema se agrava cuando se analiza la ocurrencia de las desviaciones en contratos de vías de tipo terciario, que son las vías rurales que conectan cabeceras municipales con veredas o entre veredas, siendo esta la infraestructura vial de mayor extensión en Colombia (Narvaez, 2017). La promoción de este tipo de proyectos fomenta positivamente el crecimiento económico de la población rural, sin embargo, la red actual no es homogénea a nivel nacional y existe una gran extensión de territorio que no cuenta con vías rurales adecuadas, por lo que es un necesario la priorización en la inversión pública para la ampliación de la red terciaria nacional (Narvaez, 2017).

Siendo la red terciaria tan importante para el impulso económico de la población rural colombiana (Narvaez, 2017), es más grave aún que la literatura actual que estudia las desviaciones en este tipo de contratos sea limitada, pues es necesario conocer las causas, efectos y medidas mitigantes, con el fin de que, en proyectos de tal envergadura para el país, se cuente con las recomendaciones suficientes para minimizar las desviaciones en la construcción de este tipo de infraestructura.

1.2. Justificación de la Investigación

En 2018, la revista semana (revista de actualidad colombiana) publicó un artículo en el que afirma que el 73% de las zonas rurales de Colombia se encuentran situadas a más de 3 horas de camino de las principales urbes de sus regiones (Revista semana, 2018). Esto se debe en gran parte a la falta de desarrollo e inversión actual en vías terciarias que conecten las cabeceras municipales con sus veredas o entre ellas.

En Colombia existen alrededor de 142.000 kilómetros de vías terciarias, de los cuales cerca del 65% permanecen en regular o mal estado (según cifras de la unidad de planificación rural agrícola, UPRA, del ministerio de agricultura colombiano), razón por la cual existe una gran desconexión entre los municipios y los campesinos que se dedican al sector primario (Revista semana, 2018).

Es común que los productores de materias primas deban transportarse en veredas en estado deplorable, haciendo uso de mulas, motocicletas o en el mejor de los casos vehículos aptos para caminos escarpados, por lo que los costes de transporte de sus productos tienden a aumentar considerablemente los costes totales de producción, lo que inestabiliza su negocio y genera un escenario perfecto para el aumento de cultivos ilícitos, donde los grupos al margen de la ley les compran sus tierras “a domicilio” (Revista semana, 2018).

Es por esta razón que, aún hoy, es prioridad principal para la inversión pública de las entidades municipales y gobernaciones departamentales la ampliación de las vías terciarias a nivel nacional. El estado colombiano planificó en 2018 realizar una inversión prioritaria para construir alrededor de 2.308 kilómetros de veredas intermunicipales en 51 municipios del país afectados por el conflicto armado (Revista semana, 2018), que durante décadas no han recibido inversión alguna para la mejora de vías terciarias.

La mejora y avance en este tipo de infraestructura representa un aumento significativo en la calidad de vida de los campesinos colombianos, ya que ofrece la oportunidad a estos de vender sus cosechas y productos en mejores condiciones y en menor tiempo de transporte. Sin mencionar que le otorga la oportunidad a alrededor de 2,7 millones de productores rurales, según el DANE (entidad colombiana responsable de difundir estadísticas oficiales de Colombia), al acceso de hospitales y educación que en un pasado se le imposibilitaba a causa del difícil transporte, lo que supone también un crecimiento de las economías locales de los municipios y departamentos (Revista Semana, 2018).

De todo lo anteriormente mencionado se resalta la importancia que posee el avance de la infraestructura vial de tipo terciario en Colombia, cuyo impacto representa grandes mejoras en la economía rural, calidad de vida para los campesinos y la recuperación de muchos campos colombianos absorbidos por negocios ilícitos.

Pero a pesar de ello, es común a día de hoy que los proyectos de tipo vial pasen por sobrecostes o retrasos, donde a 9 de cada 10 les pasará (Flyvbjerg et al., 2002), y que a quien más terminará afectando será a la población rural, quienes son los que más la necesitan. Sin mencionar, que los estudios en Colombia para identificar, entender o mitigar las causas que provocan desviaciones en proyectos de tal importancia son muy escasos a día de hoy (Lozano-Serna et al., 2018).

Es por esta razón que es necesario llevar a cabo un estudio que identifique las causas que provocan las desviaciones en contratos de vías terciarias en Colombia, analizando las fases del proceso proyecto-construcción desde que se licitan los contratos hasta que se liquidan, con el fin de realizar una propuesta de mejora para los futuros contratos de la red rural que se realicen en el país, buscando minimizar los retrasos y/o sobrecostes que afectan a la población campesina que tanto necesita de esa infraestructura.

Para ello se aprovechará el masivo banco de datos que posee el sistema electrónico del SECOP I (plataforma estatal colombiana para la gestión en línea de los procesos de contratación celebrados entre entes públicos y proveedores de manera reglada y pública), el cual cuenta con un registro de documentos públicos y contractuales de contratos llevados a cabo en el país durante la última década. Es una base de datos de la cual se puede extraer gran cantidad de información útil para este tipo de investigaciones.

1.3. Objeto general

Analizar las causas que producen desviación de coste y/o plazo en las obras de vías terciarias en Colombia.

1.4. Objetivos específicos

Con el fin de desarrollar y cumplir con el objetivo general previamente establecido, se proponen como objetivos específicos (en orden ascendente), los que se observan a continuación. La suma del cumplimiento de los siguientes objetivos dará como resultado la resolución del objetivo principal.

- Identificar causas de retraso y sobrecoste en la construcción de infraestructuras viarias a partir de la revisión de la literatura.
- Analizar las causas de retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia.
- Analizar los criterios del proceso de contratación que influyen en el retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia.

1.5. Preguntas de Investigación

A partir de los objetivos específicos anteriormente propuestos, se formula una serie de preguntas de investigación que ayudarán a resolver cada uno de los objetivos planteados. Las preguntas de investigación en orden ascendente son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las causas principales que producen incrementos en el precio y plazo final?
2. ¿Qué relación existe entre las causas de desviación en coste y las causas de desviación en tiempo?
3. ¿Qué variables del proceso de contratación influyen significativamente en el incremento del precio y plazo? (Variables del proceso de contratación: características del proceso y requisitos jurídicos, financieros, técnicos y ponderables).

1.6. Alcance

El trabajo de fin de master se limita a las fases de licitación y de construcción de las obras de promoción pública de vías terciarias en Colombia, incluidas en el sistema electrónico para la contratación pública – SECOP en Colombia, en el periodo comprendido entre 2015 y 2018.

2. Contexto de la Investigación

El trabajo de fin de master se desarrolla en Colombia, país al extremo noroccidental de Sudamérica, con 51 millones de habitantes y 1.141.748 km^2 de territorio, según el ministerio de asuntos exteriores, unión europea y cooperación (MAEUEC, 2021). Su producto interno bruto (PIB) es de 264.933 millones de USD según estimaciones del fondo monetario internacional (FMI) en octubre del 2020, ubicando al país como la cuarta economía de América del sur; donde el sector construcción aportó en promedio el 6,85% del PIB desde el 2016 al 2019 (MAEUEC, 2021).

El sector construcción es el tercero que mayor aporta al PIB de Colombia, después del sector agricultura y el sector comercio al por mayor y al por menor (MAEUEC, 2021). Por lo que la construcción, al igual que en otros países del mundo, es uno de los sectores que mayormente mueven la economía del país, siendo un motor generador de empleo y una vía de progreso en aquellas zonas del territorio donde interviene.

Este sector de la economía se divide en varios subsectores donde resaltan las edificaciones (vivienda, institucionales, comercio, etc) y la infraestructura u obra civil. Este segundo subsector generó cerca de 211.000 empleos en 2019 y obtuvo un crecimiento positivo a una tasa promedio del 10% desde el último trimestre del 2018 (Revista semana, 2020). Comprende los proyectos e inversiones de tipo carretero, aeroportuario, infraestructura fluvial y férrea. Se espera que con inversiones en el subsector infraestructura de 0,5% del PIB anual se obtenga un crecimiento de 0,8 puntos porcentuales en el PIB anual del país por los próximos 10 años (Revista semana, 2020). Con esto se evidencia la importancia de este subsector y de la infraestructura vial como motor para mover la economía de Colombia.

2.1. La infraestructura vial en Colombia

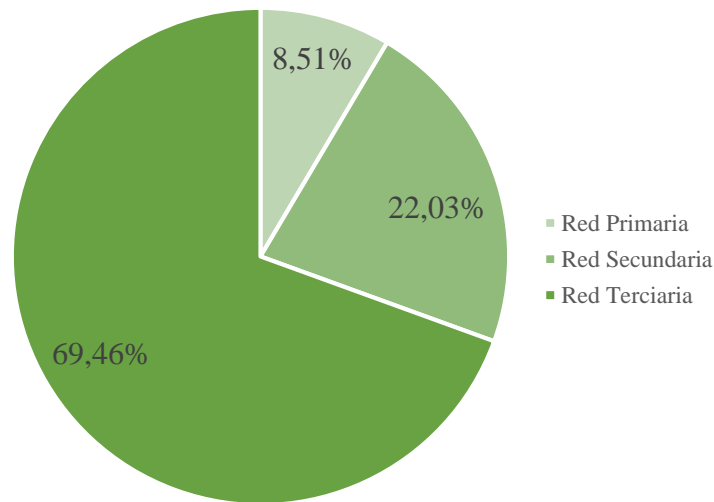
El subsector económico de la obra civil en Colombia comprende varios tipos de proyectos, incluyendo la infraestructura vial completa del territorio. Esta se refiere a toda la red de transporte presente en el país. Cuenta con un índice de 17,8 Km de carretera por cada 100 Km^2 a nivel de la red nacional, un índice suficiente para ubicarse dentro del promedio en sur América (Narvaez, 2017).

El país posee una red aproximada de 204.855 Km de carreteras que conectan el país de norte a sur y de este a oeste, entre regiones, departamentos, ciudades, municipios y veredas, clasificadas por el tipo de vía como primaria, secundaria y terciaria. De la red total, 17.434 Km corresponden a la red nacional o primaria, la cual se encuentra debidamente inventariada e identificada por entes gubernamentales a día de hoy (Narvaez, 2017).

La red secundaria posee una longitud aproximada de 45.137 Km y se encuentra a cargo de los departamentos (divisiones administrativas y políticas que componen el territorio nacional) para la comunicación interna de estos. Por otro lado, la red terciaria se estima posee una extensión aproximada de 142.284 Km de vías (Narvaez, 2017) de las cuales el 94% de estas se encuentran sin pavimentar en zonas de difícil acceso o zonas en conflicto (Murillo, 2017). Tal como se observa en la Figura 1, la red terciaria es la infraestructura de mayor ocupación nacional en el territorio, por encima de los otros dos tipos de vías de transporte que conectan al país (Narvaez, 2017).

Figura 1.

Distribución de la infraestructura vial en Colombia



Nota. Adaptado de Narvaez, 2017.

Esta clasificación por tipo de carretera es determinada por la funcionalidad que tendrá la vía, necesidad operacional, intereses del gobierno y por el tipo de terreno sobre el cual será construida según el instituto nacional de vías (INVIAS, 2008).

La red primaria o red nacional se conforma por todas las carreteras troncales (dirección norte-sur), transversales (dirección este-oeste entre troncales), carreteras que comienzan o acaban en fronteras internacionales, países vecinos o puertos de comercio internacional, incluidas también las carreteras que conectan capitales de departamento con las anteriores señaladas (Decreto 1735 de 2001 [MinTransporte], 2001).

La red primaria se encuentra bajo la jurisdicción y responsabilidad de la red nacional de carreteras a cargo del INVIAS desde el 28 de agosto del 2001 por el decreto 1735 del mismo año. Sin embargo, esta institución se limita en su alcance a la intervención y promoción de proyectos de infraestructura no concesionada de la red primaria; actuando en coordinación con la agencia nacional de infraestructura (ANI) para la entrega y cesión de proyectos de carreteras bajo contratos de concesión público-privado (INVIAS, 2021).

Este primer tipo de carreteras en Colombia debe funcionar siempre con una estructura de pavimento rígido o flexible y puede constituirse de vías de multi-calzada o calzadas divididas según la necesidad (INVIAS, 2008).

La red secundaria son todas aquellas carreteras que unen las capitales con las cabeceras municipales de su departamento, conectan cabeceras municipales con la red primaria o entre cabeceras municipales. Para el funcionamiento de estas vías se requiere de una estructura de pavimento o de afirmado (INVIAS, 2008). Normalmente este tipo de carretera se encuentran a cargo de las gobernaciones de cada departamento.

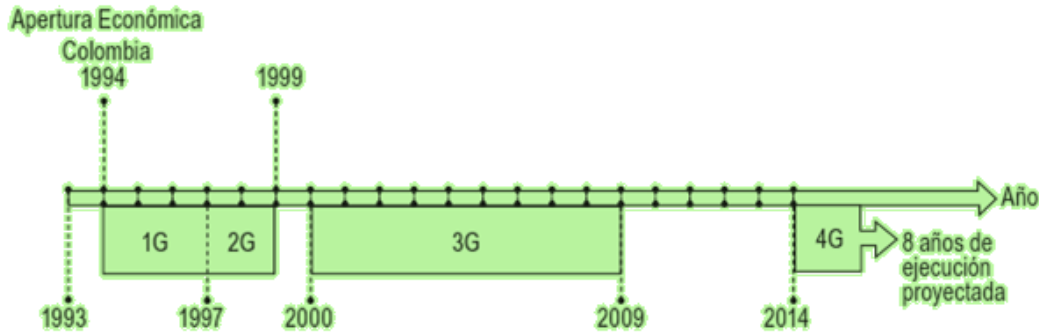
Finalmente, la red terciaria corresponde a las vías que conectan las cabeceras municipales con sus veredas o entre veredas. Usualmente las carreteras de tipo terciario funcionan en estructura de afirmado, aunque dependiendo la necesidad de cada proyecto se construyen en estructura de pavimento con las mismas especificaciones técnicas geométricas y de construcción de la red secundaria (INVIAS, 2008).

Colombia es un país donde el grueso del transporte de carga ocurre a través de vías terrestres (80% de la carga se transporta de esta manera), por lo que el desarrollo de la infraestructura vial ha sido un objetivo de la nación desde finales de la segunda guerra mundial (Rojas-López y Ramírez-Muriel, 2018). En los últimos 20 años se han impulsado múltiples proyectos de inversión, incluyendo iniciativas público-privadas, que han llevado al país al desarrollo de su infraestructura a través de cuatro generaciones de concesiones y actualmente en preparación y desarrollo de la quinta generación (5G) (Rojas-López y Ramírez-Muriel, 2018).

El modelo de concesión ha sido el pilar fundamental para el desarrollo de la infraestructura vial en Colombia desde 1994, presentando su mayor auge y continuidad en las vías de tercera generación que ocurrieron entre el 2000 y 2009. En la Figura 2 se observan las 4 generaciones (1G, 2G, 3G y 4G) de concesiones viales que se han desarrollado en el país desde la apertura económica en 1994, con la concesión vial Bogotá-Villavicencio, momento en el que la nueva generación de infraestructuras para el transporte terrestre en Colombia comenzó (Rojas-López y Ramírez-Muriel, 2018).

Figura 2.

Generaciones de concesiones viales en Colombia a través del tiempo.

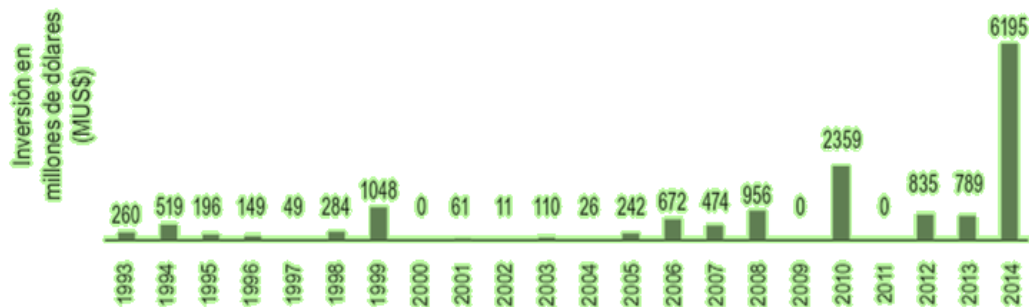


Nota. Fuente: Rojas-López y Ramírez-Muriel, 2018.

En la Figura 3 se observa que el año de mayor inversión para el transporte en Colombia con participación de iniciativa privada, fue en el 2014 con \$6195 millones (€5109 millones aproximadamente), para el impulso de la cuarta generación de concesiones en el país. Con esa inversión se pretendió reducir el déficit de infraestructura existente a la fecha y generar desarrollo en la economía colombiana (Rojas-López y Ramírez-Muriel, 2018).

Figura 3.

Histórico de inversiones (US\$ millones) de concesiones público-privadas en Colombia.



Nota. Fuente: Rojas-López y Ramírez-Muriel, 2018.

Colombia sin lugar a dudas ha mejorado los índices de su propia infraestructura vial y economía entre 2006 y 2014, gracias a las iniciativas de macro proyectos de red carretera concesional. Los índices de calidad vial y PIB crecieron un 1,5% y 42,34% respectivamente durante ese periodo de tiempo (Rojas-López y Ramírez-Muriel, 2018).

Lo anterior en concordancia que para el año 2014 las inversiones en construcción e infraestructura vial aumentaron al 7,94% del PIB, en simultaneo a un mejoramiento de indicadores de competitividad a escala internacional entre 1993 y 2014 según el banco mundial, foro económico mundial y banco interamericano de desarrollo (Rojas-López y Ramírez-Muriel, 2018).

En cuanto a inversiones actuales, el ministerio de hacienda de Colombia en el año 2020, en previsión de múltiples retos, incluidos los que emergieron por la emergencia sanitaria del COVID-19 en el año en curso, estableció un presupuesto para el año 2021 de €12.158 millones de inversión prioritaria en los sectores de vivienda, transporte, agua potable, entre otros (Forbes Colombia, 2020).

El ministerio de transporte es el segundo sector de la economía en orden de inversión, con la suma de €2.197 millones (correspondiente al 18,1% del presupuesto total). Los recursos estarían destinados a programas de concesión vial, mejoramiento de aeropuertos, concesiones 5G (quinta generación de vías en el país), mantenimiento de la red primaria y secundaria, promoción de vías terciarias y red fluvial, como principales objetivos de la inversión (Forbes Colombia, 2020).

La cuarta generación de concesiones en Colombia fue liderada por 5 empresas con presencia en más de 15 concesiones a lo largo del territorio. Dentro de estas se encuentran CASS Construcciones, Sacyr, Episol, Mario Alberto Huertas Cotes y constructora Meco, de las cuales cada una participó en al menos 3 concesiones de proyectos de gran impacto para la infraestructura vial del país. Dentro de los proyectos se destacan la conexión Pacífico 1 y 3, vía Girardot-Puerto Salgar, concesión Barranquilla, circunvalar de la prosperidad, vía Villavicencio-Yopal, autopista al Mar 1, entre otros (Carranza Agudelo, 2017).

2.2. La construcción de vías terciarias en Colombia

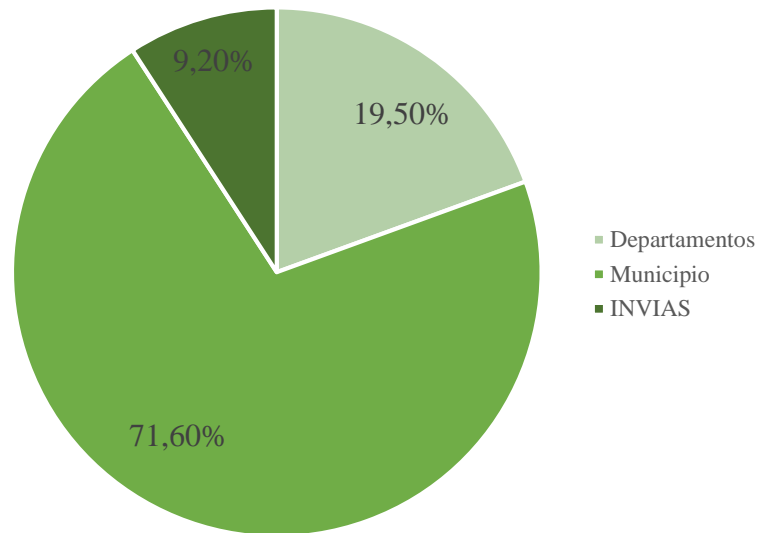
La red terciaria de Colombia surge por la necesidad de conectividad entre las cabeceras municipales de cada departamento de Colombia y sus veredas o conexión de veredas entre sí, que normalmente se encuentran ubicadas en zonas rurales donde por décadas han carecido de oportunidades de desarrollo, entre otras causas, por el conflicto armado (Narvaez, 2017). Este tipo de vía es parte de la red de infraestructura vial de Colombia, que a su vez es parte del subsector económico de la obra civil en el país.

En Colombia se ha identificado que la inversión en infraestructura de red terciaria, junto con los distritos de riego y electrificación, son el tipo de obra que mayor alcance puede tener con el objetivo de la recuperación rural del territorio, desarrollo social y productivo de cada departamento (Narvaez, 2017). Sin mencionar que sin las vías terciarias las inversiones en hospitales, colegios y proyectos de producción se encuentran incompletas, ya que los campesinos no tendrían acceso a ninguno de ellos, volviendo indispensable las vías de acceso antes que los proyectos en sí mismos, según la ex-ministra de transporte de Colombia durante el periodo 2012-2014 (Álvarez-Correa, 2017). Por último, el acceso a zonas en conflicto por medio de infraestructura vial terciaria permite el fortalecimiento de la presencia del estado, propiciando el desarrollo y la integración del campo al resto del territorio (Murillo, 2017).

La infraestructura de tipo terciario posee una longitud total de 142.284 Km de vía, de las cuales 27.577 Km se encuentran a cargo de la nación (INVIAS), 13.959 Km a cargo de los departamentos y 100.748 Km a cargo de los municipios, como reporta el ex-director operativo del INVIAS durante el periodo 2015-2018 (Narvaez, 2017; Valderrama, 2017). Esto se observa en la Figura 4, donde la mayor parte de carreteras terciarias del país están a cargo de los municipios, los cuales son los encargados de llevar a cabo la mayoría de los procesos de contratación para el desarrollo y mantenimiento de su red rural local.

Figura 4.

Distribución entidades a cargo de la red terciaria en Colombia.



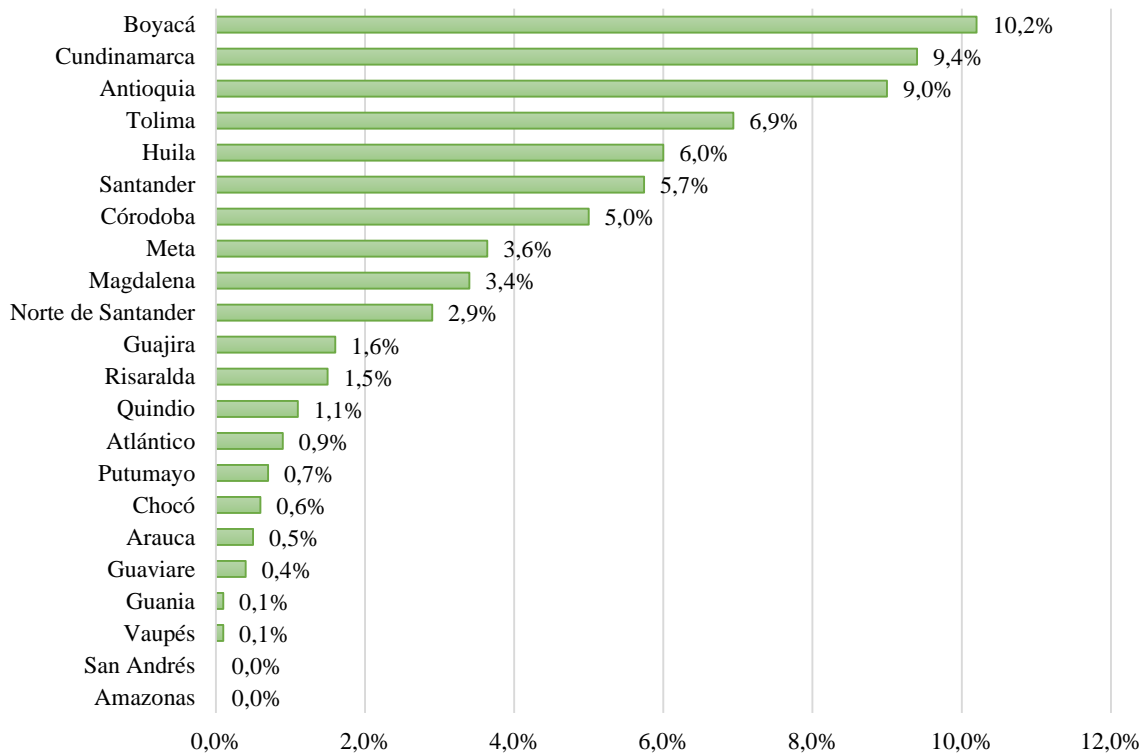
Nota. Adaptado de Narvaez, 2017.

La red terciaria posee un índice de ocupación de 12,8 Km por cada 100 Km² en todo el país. Sin embargo, la red no se encuentra distribuida de forma homogénea en todo el territorio, debido a que en departamentos como Quindío, Cundinamarca, Atlántico, Boyacá, Antioquia, entre otros, se encuentran índices de ocupación mayores a 20 Km por cada 100 Km² (donde la mayoría de proyectos de inversión son ejecutados), mientras que en departamentos como Chocó, Arauca o Putumayo donde el índice es menor a 9 Km por cada 100 Km² (se encuentran zonas en conflicto o de difícil acceso) (Narvaez, 2017). Por tanto, la distribución de la red terciaria en el país es muy dispersa, llegando a que el 68% del territorio posee una ocupación menor a 12,8 Km por cada 100 Km² (Narvaez, 2017).

La distribución total de la red terciaria a lo largo de los 32 departamentos del país se observa en la Figura 5. Se resalta que las zonas más desarrolladas en vías rurales son Boyacá, Cundinamarca y Antioquia, departamentos en los que se encuentra la capital del país, Bogotá D.C, la segunda ciudad más influyente, Medellín, y la mayoría de municipios por departamento; sumando entre las tres 364 cabeceras municipales de las 1.103 que posee el país (MAEUEC, 2021).

Figura 5.

Distribución de la red terciaria en Colombia.



Nota. Adaptado de Narvaez, 2017.

La longitud de la red construida en las cabeceras municipales muestra que el 59,18% de los municipios de Colombia posee una red terciaria con una longitud de entre 50 y 200 Km de carreteras, mientras que el 2,9% de los municipios posee una red con menos de 10 Km de vías construidas (Narvaez, 2017). Por lo que se puede decir que solo un poco más de la mitad de los municipios de Colombia poseen vías rurales con hasta 200 Km construidos.

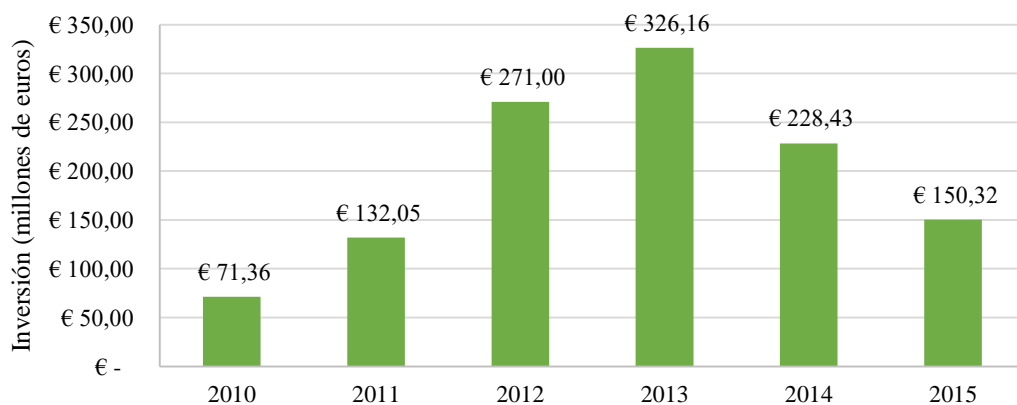
De los más de 140.000 Km de carreteras terciarias en el país, alrededor de 8.000 Km se encuentran pavimentadas, llegando a que el 95% restante de la red se encuentra en estado de afirmado, tierra o escarpado, según el ex-presidente de la ANI durante el periodo 2011-2017 (Andrade, 2017). Ante la involucionada red terciaria en el país, se debe priorizar la inversión conforme a diferentes aspectos. No son las mismas condiciones de vías rurales que se requieren en el centro del país o región andina, a las que se requieren en la región del pacífico o en los llanos. Es por esta razón que los municipios y sus ayuntamientos priorizan la inversión de esta infraestructura conforme a unos índices que evalúan la movilidad rural, la conectividad y el apoyo en las cadenas productivas del campo, considerándose vías prioritarias aquellas con un puntaje del percentil 67 sobre el índice del municipio (Narvaez, 2017).

La inversión y su prioridad es una decisión conjunta entre el alcalde de cada municipio y la comunidad de habitantes, campesinos, indígenas y minorías, pues son quienes mejor conocen las necesidades inmediatas y requerimientos de cada territorio (Narvaez, 2017). Adicionalmente, se debe seguir los lineamientos del documento CONPES 3857, que define la política para la gestión de la red terciaria, en cuanto a su priorización de inversión en zonas con altos índices de conflicto armado histórico (Murillo, 2017).

En la Figura 6 se observa el historio de inversiones en red terciaria en la primera mitad de la década anterior. Encontrando su pico máximo de inversión en el año 2013, con €326 millones y en camino a completar una inversión acumulada de más de €1.100 millones para el 2016 (Zaninovich, 2017). El mayor año de inversión y su posterior descenso en vías terciarias ocurrió antes del mayor pico de inversión en concesiones publico privadas como se observó previamente, donde el apoyo privado fue dirigido mayoritariamente para vías de tipo primario y secundario.

Figura 6.

Inversión 2010-2015 en red terciaria de Colombia (cifras en millones de euros).



Nota. Adaptado de Zaninovich, 2017.

La red terciaria en Colombia por tratarse de carreteras de tráfico limitado es diseñada y construida de acuerdo con los lineamientos del “*Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tráfico*” del INVIAS, publicado en 2007, y el “*Manual de diseño de pavimentos en concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tráfico*” del ministerio de transporte, INVIAS y el instituto colombiano de productores de cemento (ICPC), publicado el año siguiente (Narvaez, 2017). Por otra parte, en marco general todas las carreteras que se construyen en el territorio deben cumplir con las “*Especificaciones generales de construcción de carreteras*” publicado por el INVIAS en el 2013, donde se regula los estándares mínimos de calidad de materiales y métodos de construcción permitidos para los contratistas de obra (Murillo, 2017).

El nivel de servicio básico para este tipo de carreteras se establece en función de la capacidad portante de los suelos en cada región del país, lo que se define en una fase temprana de los estudios y diseños de este tipo de proyectos (Murillo, 2017).

Las vías de tipo terciario deben funcionar en afirmado o pavimento (bajo las mismas condiciones geométricas de diseño que las vías secundarias). El tipo de carretera depende de múltiples factores, entre ellos el tipo de suelo y la topografía a lo largo de cada proyecto, y a partir de ello se determina cierta homogeneidad de terrenos por tramos (entre planos, ondulados, montañosos o escarpados) (INVIAS, 2008). Esto hace que el diseño de cada proyecto vial considere, de forma fundamental, la variabilidad del suelo en cada trazado, ya que es un factor decisivo en el nivel de servicio que tendrá la vía una vez se finalice su construcción.

A causa de lo anterior, no existen tecnologías universales para la construcción de vías terciarias, en cuanto a materiales, métodos de diseño, técnicas constructivas y mantenimiento se refiere (Caro y Caicedo, 2017). Sin embargo, un salto que se busca dar hoy en día radica en el empleo de tecnologías para la construcción de vías terciarias con origen local para cada proyecto. Esto es objeto de investigación de múltiples universidades de Colombia y cuyo principal problema radica en la incompatibilidad de propuestas con los manuales de diseños y especificaciones constructivas avaladas por la ley en el país (Caro y Caicedo, 2017).

El reto del país para el continuo desarrollo de la red terciaria de cara a futuro comprende 5 grandes artífices. Estos son la caracterización de suelos naturales locales, capacidad de mano de obra no calificada, inventarios rurales, capacidad técnica e innovación y uso de materiales alternos (Murillo, 2017).

2.3. Contratación de obra pública en Colombia

La contratación de obra pública en Colombia para proyectos de infraestructura vial se realiza comúnmente mediante el método Diseño-Licitación-Construcción o Desing-Bid-Build por sus siglas en inglés (DBB), donde el promotor de cada proyecto contrata de forma separada el diseño y posterior construcción de las obras (FWHA, 2018; Gómez-Cabrera et al., 2020). Mediante esta estrategia de contratación el agente promotor posee una participación activa durante todas las fases del ciclo de vida del proyecto, contratando desde el proyecto técnico en todo nivel de detalle, hasta el contratista principal que ejecutará la obra (FWHA, 2018).

En esta modalidad se establece un precio fijo previo a la construcción, sin embargo, los riesgos de imprevistos por parte del constructor son altos (lo que conllevará a sobrecostos y retrasos). Normalmente esta predisposición a las modificaciones de contratos se mitiga con un proyecto técnico preciso y detallado, aunque las diferencias entre el proyectista y el constructor siempre conllevarán a cambios imprevistos (FWHA, 2018).

En Colombia la contratación pública es reglamentada y regulada por el departamento nacional de planeación (DNP), quien define las políticas de inversión y contratación nacional, y a través del decreto 1082 de 2015 normalizó el sector administrativo de planeación de la nación. Esto aplica para todas las entidades gubernamentales que llevan a cabo procesos de contratación pública para la prestación de bienes y servicios bajo los términos de la ley (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

El proceso de contratación pública es el mismo para cualquiera de las fases de la estrategia de contratación utilizada, bien sea para diseño técnico o para la construcción, se debe realizar un proceso de selección. Las entidades públicas encargadas de promover proyectos están obligadas a publicar en la plataforma de Colombia compra eficiente “SECOP” todos los documentos publicitarios, actos administrativos, comunicaciones y documentación técnica-administrativa referente al proceso de contratación (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Los participantes de la contratación pública para efectos del decreto de ley 4170 de 2011 son las entidades estatales que puedan llevar a cabo procesos de contratación (en el caso de vías terciarias corresponde al INVIAS, las gobernaciones de cada departamento y mayoritariamente a los ayuntamientos de cada municipio de Colombia) (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Adicionalmente participa la plataforma Colombia compra eficiente (actuando como gestor principal de los procesos y sus lineamientos), los oferentes de los procesos de contratación (en calidad de interesados y participantes), los contratistas (como adjudicatarios de los contratos), los supervisores del promotor, dirección facultativa y organizaciones cívicas/ciudadanía general interesada de los procesos en los términos de la constitución política y la ley (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Cada entidad pública en Colombia debe elaborar un plan anual de adquisición para la contratación de obra pública. Cada año los promotores están obligados a realizar un plan de adquisiciones en la que se refleja los bienes, obras y servicios que pretenden contratar durante el año en curso. Este plan debe justificar la necesidad de las inversiones y definir el importe total, clasificación de bienes o servicios, recursos con cargo a la entidad, modalidad para la selección del contratista y fecha aproximada de inicio del proceso de selección (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Para establecer el proceso de selección cada entidad promotora debe realizar un análisis del sector en el que se desenvolverá el objeto del futuro contrato. Para ello se evalúa el contexto comercial, legal, organizacional, financiero, técnico y de riesgo en el que se encontrarán los posibles oferentes interesados en el proceso (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015). A partir de ello se establece los requisitos habilitantes (mínimos aspectos jurídicos, financieros y técnicos que debe cumplir el futuro contratista), evaluación de riesgos (para el cumplimiento de los objetivos contractuales) y finalmente criterios ponderables (con los que se evalúan las ofertas de forma numérica mediante una asignación de puntaje) (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Una vez lo anterior ha sido completado por parte del promotor, el proceso de contratación comienza cuando se realiza la expedición formal del proceso y dentro de los 3 días siguientes se debe hacer publicidad a través del SECOP y publicar los documentos del proceso y actos administrativos (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

A partir del decreto 1082 de 2015, la estructura y documentos que hacen parte de los procesos de contratación son:

- Estudios y documentos previos: documentos base del proyecto, sus pliegos de condiciones y el contrato. Contiene descripción de la necesidad, objeto, modalidad de selección, importe del contrato, criterios de selección, análisis de riesgos, garantías exigibles y publicidad.
- Aviso de convocatoria: documento en el que se convoca la participación en el proceso de selección. Contiene algunos de los documentos anteriores, pero adicionalmente expone información de la entidad contratante, canales de comunicación, plazo estimado de contrato, cronograma inicial, criterios básicos de selección y lo más importante, fecha límite para presentar ofertas.
- Acto administrativo de apertura del proceso de selección: es un acto administrativo en el que formalmente se da apertura al proceso de selección por parte del promotor.
- Proyecto de pliego de condiciones y pliego de condiciones definitivo: son los documentos más importantes del proceso, pues poseen los lineamientos principales mediante los cuales se regirá la licitación (incluyendo la descripción general, necesidad, criterios de participación y escogencia). Este documento será parte integral del contrato.

En un primer momento se publica el proyecto de pliego el cual no es *completamente oficial*, debido a que se utiliza como borrador sobre el cual los oferentes interesados pueden hacer observaciones y preguntas respecto al proceso. Una vez se completa el periodo de observación (de 5 a 10 días laborales) se publica el pliego definitivo y ratifica el anterior, el cual figurará como documento oficial que regirá el proceso. Es a partir de ese momento que los oferentes pueden presentar ofertas hasta la fecha límite establecida. Los pliegos definitivos pueden ser modificados de igual manera mediante adendas hasta un día laboral antes de vencer el plazo para presentar ofertas.

- Cierre del proceso de selección: acto administrativo en la fecha límite para presentar ofertas, en la que se hace registro y constancia de los oferentes presentados al proceso de selección y traslado de los mismos a estado de proponentes, una vez se abre el contenido de su oferta (excepto la oferta económica) para su evaluación.
- Evaluación de las ofertas: periodo mediante el cual el comité evaluador del promotor evalúa y estudia el contenido habilitante de las ofertas recibidas. Durante este periodo pueden realizar observaciones y solicitar subsanes (dentro de los lineamientos de la DNP) sobre las ofertas de los proponentes. Finalmente se expide un informe de evaluación preliminar sobre el cual se habilita o inhabilita (de forma justificada) la participación de los proponentes en siguientes etapas del proceso y se realiza asignación de puntaje a la oferta (excepto al ofrecimiento económico).

A partir de la publicación del informe preliminar de evaluación hasta el acto adjudicatario, es permitido la revisión del público de las ofertas presentadas, periodo en el que se pueden realizar observaciones referentes de las mismas.

Finalmente se publica un informe de evaluación definitivo el cual ratifica o anula el estado de habilitación de los proponentes a partir de las observaciones y subsanes realizados.

- Audiencia de adjudicación: acto público administrativo mediante el cual se realiza la apertura y revisión de la oferta económica realizada, asignando el puntaje total a los proponentes habilitados y generando el orden de elegibilidad. Se otorga una participación final a los proponentes para observar sobre la asignación de puntaje realizada y finalmente se expide un acto administrativo de adjudicación a la mejor oferta realizada.

Durante este acto procede la realización de justificación de ofertas con valores artificialmente bajos, inhabilitación de ofertas no aptas, adjudicación a ofertas únicas, ejecución de factores de desempate o declaratoria de licitación desierta (cuando ningún proponente del proceso cumple los mínimos para ser adjudicatario).

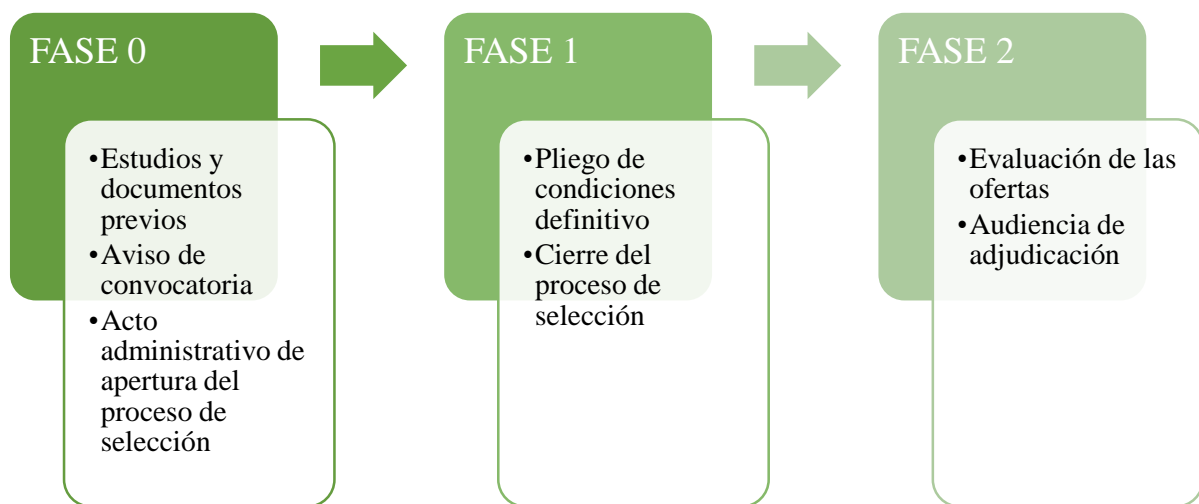
Posterior al acto adjudicatario y la publicación del respectivo acto, se procede a realizar la formalización del contrato, con su firma por ambas partes (entidad promotora y proponente escogido como contratista). A partir de ese momento el contrato se convierte en el vínculo documental más importante entre ambas partes y el pliego de condiciones definitivo pasa a ser complemento del contrato. En este momento empieza la ejecución de dicho contrato bajo los lineamientos que otorgue la entidad promotora, establecidos en el contrato (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Un resumen de la estructura y fases del proceso de contratación previamente explicado se puede observar en la Figura 7. Básicamente la fase 0 es una fase preliminar en la que la entidad pública da a conocer las características generales para la contratación de un bien o servicio y se da por iniciado formalmente el proceso. La fase 1 es una fase interactiva en la que oferentes interesados observan sobre los pliegos de condiciones, se realizan modificaciones al proceso y se presentan las ofertas.

Por último, la fase 2 es el cierre del proceso donde el promotor evalúa las ofertas, los proponentes observan sobre la evaluación y se establece el orden de selección con una propuesta de contratista.

Figura 7.

Estructura general de los procesos de contratación en Colombia.



El comité evaluador encargado de acompañar y dirigir el proceso de contratación se compone de un comité asignado por el promotor, de servidores públicos o externos contratados, compuesto por perfiles jurídicos, técnicos y financieros que deben acompañar cada fase del proceso de forma objetiva y ceñidos a los lineamientos de los pliegos de condiciones (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Las principales modalidades de selección utilizadas en Colombia para llevar a cabo los procesos de selección son la licitación pública, selección abreviada, concursos de méritos, contratación directa y mínima cuantía. La licitación pública es la modalidad de selección más comúnmente utilizada en Colombia; consiste en un procedimiento de subasta inversa abierta en el que libremente los oferentes interesados presentan oferta dentro de un límite de tiempo establecido y bajo los lineamientos de los pliegos de condiciones, realizándose siempre todos los actos administrativos que hacen parte de la estructura del proceso (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

La selección abreviada es utilizada cuando el objeto, características del proyecto, circunstancias de contratación o importe permite realizar una selección más simplificada, corta y rápida de un contratista, según los lineamientos de la ley 1150 de 2007. Los concursos de méritos son los procedimientos de selección llevados a cabo para la contratación de servicios de consultoría de proyectos (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

La diferencia principal entre la licitación pública y la selección abreviada, entre otras diferencias, radica en que en la primera bajo ningún caso el único criterio ponderable de la oferta será el precio, mientras que en el caso de la selección abreviada si lo será (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

La contratación directa es una modalidad de selección en la cual el promotor no está obligado a realizar publicidad, estudios y documentos previos sobre el contrato a realizar, ni existe obligatoriedad de garantías, y se procede a la contratación directa de un proponente en específico como el contratista de obra. Esto se hace cuando existe una urgencia manifiesta (como actuación inmediata ante una catástrofe natural, por ejemplo); también aplica para contratación de bienes y servicios en sector defensa, unidad de riesgos, actividad de desarrollo científico o tecnológico o cuando en otra modalidad de selección no exista pluralidad de oferentes y exista un único candidato habilitado en participar (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Por último, la mínima cuantía es utilizada para la adquisición de bienes y servicios por un importe que no supere el 10% de la menor cuantía de la entidad pública. En esta modalidad el promotor es libre de exigir algún tipo de garantía de cumplimiento. El procedimiento incluye la invitación a un mínimo de 2 participantes, con un día laboral de antelación para la entrega de documentos, y evaluando de forma sencilla capacidad jurídica, financiera y técnica, con lo que en máximo un día laboral la entidad debe publicar el informe de evaluación. Se escoge un adjudicatario en base a la oferta económica más baja (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015). Es una modalidad realmente corta con el fin de contratación acelerada de un contratista.

La contratación a día de hoy en Colombia para la red terciaria se prioriza de la siguiente manera: primero – mantenimiento rutinario, segundo – mantenimiento periódico, construcción de obras de contención, placa huellas y drenajes; tercero – aplicación de nuevas tecnologías (Valderrama, 2017). El primero consiste en la contratación bajo un esquema flexible de población campesina para la ejecución de obras de limpieza, rocería, bacheo, cunetas y conformación de calzada en un nivel básico, con apoyo y supervisión de la alcaldía, comités de veeduría ciudadana e INVIAS (Valderrama, 2017).

Este primer peldaño es la base de la gestión vial que realizan los municipios, fomentando el compromiso social de la ciudadanía que participa de las obras para cuidar y preservar los bienes públicos, incentivando liderazgo positivo por parte de la comunidad, promoviendo empleo y llevando recursos directamente al campo (Valderrama, 2017).

El mantenimiento periódico, la construcción de obras de contención, placa huellas y obras de drenaje, ya son proyectos que deben de ser contratados bajo alguna modalidad de obra pública. Para ello se deben realizar contratos que contemplen obras de tipo durable (en hormigón), realización de placa huellas solo en sitios críticos donde los vehículos presentan problemas de transporte y ejecución siempre de obras de drenaje; imprescindible también el acompañamiento de juntas de acción comunal y cívica que motiven la contratación de mano de obra local (Valderrama, 2017).

Por último, la aplicación de nuevas tecnologías debe de realizarse en zonas controladas en el territorio, y procurar un seguimiento continuo a las obras de construcción, para verificar el comportamiento posterior a la finalización de obras. Una vez más, este tipo de estudios y construcciones debe ser realizado bajo una modalidad de contratación pública, en la que se exija el mantenimiento mínimo de la calidad, pero se premie las mejoras en comparación con las tecnologías existentes (Valderrama, 2017).

Pero a pesar de esto último, en Colombia sigue existiendo una discrepancia entre lo que consideran las instituciones gubernamentales y la academia colombiana. Esto es debido a que la mayoría de universidades del país poseen estudios que promueven la inversión en vías terciarias con materiales que pueden ser extraídos y explotados de forma local, reduciendo tiempos de ejecución y explotación externa. Pero el gobierno colombiano sigue firme en seguir contratando vías rurales con materiales producidos como el cemento y agregados minerales, lo que requiere de grandes inversiones económicas en transporte, homogeniza las necesidades de los suelos colombianos y contradice la apuesta por nuevas tecnologías, según el ex-ministro de transporte durante el periodo 2010-2012 (Cardona, 2017).

A causa de que se promulgara la ley 105 de 1993 en la que realizó la descentralización de las vías terciarias del país, pasando la mayoría de estas a ser responsabilidad de los municipios, se ha encontrado que estos poseen múltiples falencias sistemáticas en su capacidad administrativa, financiera y técnica para contratar y controlar la adecuada ejecución de sus proyectos viales (Valderrama, 2017). Es necesaria una modificación a los sistemas de contratación y permitir mayor participación de entidades como el INVIAS en conjunto con los ayuntamientos para la contratación de nuevos proyectos de vías rurales.

En muchos casos los estudios y diseños necesarios para garantizar calidades mínimas de servicio de carreteras terciarias superan los presupuestos base de las alcaldías, por lo que los resultados obtenidos no son los esperados, lo que afecta a más de 100.000 Km de vías a cargo de estas administraciones (Murillo, 2017). El gobierno colombiano, cuando así lo considere necesario, puede cofinanciar proyectos realizando una mayor asignación de recursos a aquellos municipios que menores capacidades de desarrollar su red terciaria posean (Narvaez, 2017); normalmente es un trabajo conjunto entre el INVIAS y los municipios.

La transición es lenta pero lo recomendable es que las alcaldías utilicen los pliegos tipo (pliegos de condiciones estándar) para realizar sus procesos de contratación, pues favorecen la transparencia y optimizan los sistemas de contratación (Valderrama, 2017). Siendo este el primer paso para mejorar los resultados de ejecución vial terciaria a cargo de las alcaldías.

3. Marco teórico

3.1. Conceptos generales

En marco general los términos que no son definidos en el presente capítulo deben entenderse por su significado natural y obvio. El presente trabajo de fin de master se encuentra englobado en conceptos sobre contratación pública, procesos de licitación, desviaciones en tiempo-coste y ejecución de contratos de obra pública y vías terciarias en Colombia. Por esta razón varios conceptos son interpretados dentro del contexto colombiano, por lo que el presente capítulo pretende sintetizar y definir una serie de conceptos clave que serán utilizados a lo largo del proyecto de investigación.

Los conceptos más relevantes para la investigación son los siguientes:

Adenda: documento administrativo mediante el cual una entidad promotora realiza modificaciones a los pliegos de condiciones definitivos del proceso de selección (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Camino escarpado: vía de tránsito de difícil acceso, a nivel de subrasante natural, que presenta pendiente e irregularidades en terreno con nivel de servicio bajo (Colombia compra eficiente, 2021).

Carretera: infraestructura de transporte cuyo objetivo es conseguir el transporte de vehículos automotores de forma terrestre en espacio y tiempo de forma continua, en aseguramiento de mínimos de seguridad y comodidad (Colombia compra eficiente, 2021).

Clasificador de bienes y servicios: es un sistema de códigos establecido por las naciones unidas para estandarizar servicios y productos. Se conoce por sus siglas UNSPSC (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Colombia compra eficiente: agencia colombiana de contratación pública constituida mediante decreto de ley 4170 de 2011 (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Comité evaluador: equipo de profesionales designado por el promotor para acompañar cada fase del proceso de selección para evaluación y gestión de cumplimiento de los lineamientos de los pliegos de condiciones (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Contratista: persona natural, jurídica o figura asociativa de dos o más personas jurídicas o naturales (consorcio o unión temporal), quien firma un contrato para ejecutar un objeto referente a prestación de bienes o servicios en condiciones de tiempo, lugar y metodología contractualmente establecida (Colombia compra eficiente, 2021).

Contrato de obra: acuerdo de voluntades que se celebra entre una entidad pública y un contratista para la construcción, mantenimiento, mejoramiento o cualquier trabajo material sobre bienes inmuebles, sin importar el método de pago o de ejecución (Colombia compra eficiente, 2021).

Construcción vial: generación mediante obras de ingeniería de nueva infraestructura vial a partir de una planificación y estudios técnicos de un proyecto que precedentemente no existía (Colombia compra eficiente, 2021).

Documentos del proceso de selección: incluye los estudios y documentación previa, aviso de convocatoria, apertura del proceso, pliegos de condiciones, invitaciones públicas, adendas, ofertas, informe de evaluación, contrato y cualquier documento expedido por el promotor durante un proceso de selección (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Documentos tipo: documentos estandarizados por la agencia nacional de contratación pública de Colombia, que normaliza requisitos habilitantes y factores ponderables para uso obligatorio de las entidades estatales en procesos de contratación (Colombia compra eficiente, 2021).

Entidad estatal: todas las entidades gubernamentales con jurisdicción en el territorio colombiano promotoras de contratos referidas en el artículo 2 de la ley 80 de 1993 y que deban aplicar la ley 1150 de 2007 (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Factores ponderables: criterios de evaluación de las ofertas habilitadas en un proceso de selección, a partir de los cuales se realiza una asignación de puntaje con el fin de determinar la oferta mejor puntuada y por tanto, adjudicataria del proceso de selección (Colombia compra eficiente, 2021).

Garantía: respaldo monetario (demostrada a través de una póliza de seguros) a favor de una entidad pública como indemnización o sanción por incumplimientos contractuales del contratista (garantía definitiva) o por incumplimiento de obligaciones como proponente en un proceso de selección (garantía de seriedad) (Colombia compra eficiente, 2021).

Infraestructura de transporte: sistema de movilidad que integra un conjunto de bienes tangibles e intangibles, y servicios relacionados, para asegurar la movilidad y conectividad de personas, bienes y servicios en un territorio. Comprende obras en vías primarias, secundarias, terciarias, marítimas, fluviales, férrea, urbana, aeronáutica y puentes (Colombia compra eficiente, 2021).

Lance: oferta económica realizada por cada uno de los proponentes admitidos en el proceso (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Licitación: procedimiento de subasta inversa abierta en el que libremente los oferentes interesados presentan oferta dentro de un límite de tiempo establecido (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Mipyme: empresas con tamaño micro, pequeño o mediano medido con ley vigente (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Pavimento asfáltico: carretera construida a base de capas superpuestas de mezcla de hormigón asfáltico adicionado o no de agregados pétreos, y soportado por capas de base y sub-bases granulares de agregados compactos (Colombia compra eficiente, 2021).

Pavimento rígido: carretera construida a base de capas superpuestas de hormigón u hormigón armado, soportado por capas de base granular de agregados compactos (Colombia compra eficiente, 2021).

Placa huella: pavimento en losas de hormigón armado ubicadas únicamente bajo las ruedas de los vehículos. Las losas se unen mediante vigas riostras y hormigón ciclópeo en la zona central (Caro y Caicedo, 2017).

Pliegos de condiciones: conjunto de reglas, normas y condiciones que rigen en un proceso de contratación y futuro contrato, donde es definido de forma objetiva los plazos, procedimientos y objetivos dentro de los cuales los interesados en un proceso de selección deben desarrollar sus propuestas para participar (Colombia compra eficiente, 2021).

Pliego de condiciones tipo: conjunto de reglas y condiciones estandarizadas por Colombia compra eficiente señalados en el artículo 1 de la ley 2022 de 2020, en las que el pliego de condiciones funciona bajo los documentos tipo señalados de obligatorio cumplimiento para las entidades promotoras (Colombia compra eficiente, 2021).

Proceso de contratación: secuencia de actos y actividades llevados a cabo por el promotor desde la planeación inicial hasta el vencimiento de las pólizas de garantías contractuales, mantenimiento y estabilidad, obras de recuperación ambiental o vencimiento del plazo contractual (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Proceso de selección: secuencia de actos y actividades llevados a cabo por el promotor desde la promoción de un concurso hasta la adjudicación de un contrato a un proponente, con el fin de determinar el contratista para la prestación de un bien o servicio (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Proponente: persona natural, jurídica o figura asociativa que ha presentado una propuesta para un proceso de selección (Colombia compra eficiente, 2021).

Rehabilitación vial: sinónimo con mejoramiento o mantenimiento vial, consiste en cambios sobre una infraestructura vial existente para mejorar o mantener sus especificaciones técnicas iniciales (Colombia compra eficiente, 2021).

Requisitos habilitantes: serie de exigencias que miden la capacidad jurídica, financiera, organizacional y técnica que posee un proponente para ejecutar un contrato, otorgando la calificación de “hábil” o “no hábil” para participar del proceso de selección (Colombia compra eficiente, 2021).

Retraso: desviación en tiempo del plazo inicialmente pactado en un contrato frente al plazo realmente ejecutado. En Colombia se conoce administrativamente como “prórroga”. Viene de la acción y efecto de retrasarse en el tiempo (RAE, 2021a).

Riesgo: todo evento que puede generar un efecto negativo que dificulte la consecución de los objetivos del proceso de contratación (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

SECOP: sistema electrónico de contratación pública colombiana establecida mediante el artículo 3 de la ley 1150 de 2007 (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

SMMLV: salario mínimo mensual legal vigente para los trabajadores en Colombia definido anualmente como referencia de precios en el mercado (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Sobrecoste: desviación en coste del importe inicialmente pactado en un contrato frente al importe realmente ejecutado. En Colombia se conoce administrativamente como “adición”. Viene de la acción de recargo sobre un precio ordinario (RAE, 2021b).

Oferta: conjunto de documentos para acreditar capacidad jurídica, financiera y técnica y documentos evaluables para la obtención de puntaje formulados por un oferente para participar en un proceso de selección (Colombia compra eficiente, 2021).

Oferente: persona natural, jurídica o figura asociativa que se encuentra interesada en participar en un proceso de selección (Colombia compra eficiente, 2021).

Vereda: camino angosto que se forma normalmente por el tránsito de ganado, peatones o vehículos ligeros (RAE, 2020).

Vías rurales: infraestructura vial que permite el acceso a fincas, haciendas o campos, que se ubican dentro del perímetro rural de una población (Colombia compra eficiente, 2021).

3.2. Proceso de licitación pública en Colombia

La licitación pública es la modalidad de selección de contratistas más comúnmente utilizada en Colombia. Su modelo consiste en una subasta inversa en la que el promotor establece un presupuesto base de licitación (PBL) y recibe de forma abierta ofertas de oferentes interesados en el proceso con una baja respecto al PBL (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Las entidades públicas deben establecer en los pliegos de condiciones la forma de ofertar las variables técnicas y económicas en la puja de la subasta inversa. Una característica de la licitación pública es que en ningún caso el precio será el único factor ponderable para calificación y otorgamiento de puntaje. Otra característica es que los proponentes participantes en el proceso, deben conocer su situación y la de sus competidores de forma abierta antes de la finalización del proceso de selección, y haber tenido la oportunidad de observar sobre su evaluación y la de los demás participantes (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Durante el proceso de licitación son de obligado cumplimiento la realización de dos audiencias públicas, la de asignación de riesgos (en una etapa muy temprana del proceso) y la audiencia de adjudicación, en la que se realiza la calificación de ofertas económicas y se propone un proponente como adjudicatario del contrato (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Los procesos de licitación en Colombia siguen cada uno de los actos administrativos descritos con anterioridad de la estructura general de los procesos de contratación. Para este caso se hará hincapié en lo que es realmente relevante para el caso de la licitación pública. Esta modalidad de selección comienza, como las demás, por la publicación del aviso de convocatoria, estudios, documentos previos y el acta de apertura del proceso de selección (acto administrativo que formalmente da inicio a la licitación) (Colombia compra eficiente, 2021).

Seguido a esto es publicado el proyecto de pliego de condiciones, el cual funciona como un borrador inicial de lo que será el pliego que regirá durante el proceso de selección. Funciona como un primer acercamiento a los oferentes interesados en el proceso sobre los lineamientos de participación que tendrá la subasta y las condiciones en las que se exigirá ejecutar el contrato. A partir de ello se otorga un plazo para que los oferentes puedan realizar observaciones al proyecto de pliegos, a lo que la entidad estatal dará respuesta si modificará el proyecto de pliegos si procede (Colombia compra eficiente, 2021).

Finalizada la etapa anterior, el promotor publicará el pliego de condiciones definitivo, el cual ratifica el proyecto de pliego anterior o realiza modificaciones respecto a este. Es el documento más importante del proceso de selección, debido a que representa las reglas de juego para las partes involucradas a partir de ese momento y será parte integral del contrato que resulte (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015). Junto con los pliegos se publica el cronograma oficial del proceso, dentro del cual se establece la fecha máxima para realizar observaciones al pliego definitivo (máximo 10 días laborales), plazo máximo para expedición de adendas modificatorias a los pliegos (hasta un día laboral antes del cierre del proceso) y la fecha de cierre en la que finaliza el plazo para presentación de ofertas de oferentes, estableciendo hora y lugar del cierre (Colombia compra eficiente, 2021).

Según el decreto 1082 de 2015, la DNP estableció que los pliegos de condiciones definitivos deben contener como mínimo la siguiente información:

- Descripción técnica y completa del bien o servicio a contratar e identificación del nivel del clasificador de bienes y servicios.
- Modalidad del proceso de selección a desarrollar y su justificación.
- Importe del contrato, PBL, plazo, cronograma de pagos, disponibilidad presupuestal, origen de recursos y anticipo.
- Criterios de selección, incluyendo requisitos habilitantes, factores ponderables, factores de desempate e incentivos cuando haya a lugar.
- Reglas aplicables para la presentación de ofertas, evaluación, asignación de puntaje y adjudicación.
- Causales de rechazo de ofertas, motivantes por los cuales se elimina una oferta del proceso de selección, invalidando revisión de criterios habilitantes y ponderables.
- Riesgos del contrato, entre las partes y medios de mitigación.
- Tipo de garantías exigidas y condiciones de cumplimiento.
- Condiciones, términos y minuta del futuro contrato.
- Disposiciones generales de la supervisión de la dirección facultativa.

A partir del decreto 342 del 5 de marzo de 2019 se modificó el decreto 1082 de 2015. En este se adoptó los documentos tipo como parte de los pliegos de condiciones y se estableció por ley el uso de pliegos tipo por parte de las entidades estatales en Colombia a partir de abril de ese mismo año, para la celebración de procesos de selección mediante licitación pública para infraestructura de transporte (Decreto 342 de 2019 [DNP], 2019).

Antes del 2019 los pliegos de condiciones eran establecidos por cada entidad contratante (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015). Esto permitía que existiera una gran variedad de pliegos, diferentes resultados en procesos de selección dependiendo la entidad y múltiples criterios de evaluación que podían beneficiar o no el cumplimiento de los objetos contractuales. A partir del 2019 esto cambió y la gran cantidad de criterios evaluables y documentos del proceso pasaron a ser estandarizados por Colombia compra eficiente y definidos en los pliegos tipo, de obligatorio cumplimiento para todos los procesos de selección celebrados (Decreto 342 de 2019 [DNP], 2019).

Los pliegos tipo establecen la entrega de dos sobres cerrados por parte de los oferentes como propuesta. El sobre N° 1 contendrá los documentos necesarios para la validación de los requisitos habilitantes y los factores ponderables que asignen puntaje diferente a la oferta económica. El sobre N° 2 por su parte contiene únicamente la oferta económica del proponente. Llegada la fecha establecida para el cierre de la licitación, se procede a la recepción de las propuestas de oferentes, de los cuales se hace apertura inmediata del sobre N° 1 en audiencia pública, comenzando con su revisión por parte del comité evaluador (Colombia compra eficiente, 2021).

El comité evaluador realiza revisión de múltiples aspectos del sobre N° 1. Lo que a continuación será explicado aplica para los pliegos de condiciones tipo, para obtener una idea de los aspectos generales evaluados en las licitaciones públicas en Colombia. Referente a los requisitos de capacidad jurídica, se busca determinar la capacidad jurídica y constitucional para trabajar con el gobierno colombiano, de presentar ofertas a concursos, no estar incurso en inhabilidades, conflicto de intereses o prohibiciones de ley, o presentar reportes ante entes de control fiscal o judicial que inhabiliten al proponente para ejecutar el bien o servicio posteriormente (Colombia compra eficiente, 2021). En la Tabla 1 se observa los principales requisitos revisados en este apartado.

Tabla 1.

Requisitos habilitantes jurídicos de los pliegos tipo.

Requisito	Descripción	Referencia
Carta de presentación	Carta firmada en original en la que el proponente manifiesta de forma expresa su intención de participar en el procesos de licitación	(Colombia compra eficiente, 2021; Decreto

Requisito	Descripción	Referencia
		342 de 2019 [DNP], 2019)
Avala la propuesta	Profesional requerido que avale las propuestas con su firma como profesional de la ingeniería para evitar el ejercicio ilegal de la profesión	(Ley 842 de 2003 [Congreso de Colombia], 2003)
Conformación de proponente plural	Documento de constitución de una figura asociativa de dos o más personas jurídicas o naturales (consorcio o unión temporal) para presentar oferta	(Ley 80 de 1993 [Congreso de la República], 1993)
Certificado de existencia y representación	Certificado de constitución, representación legal y objeto social de la empresa expedido por cámara de comercio o autoridad competente vigente	(Decreto 410 de 1971 [Presidencia de Colombia], 1971)
RUP	Registro único de proponentes ante cámara de comercio que refleja información de constitución, financiera y experiencia técnica de las empresas en estado vigente y firme	(Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015; Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Garantía de seriedad	Respaldo monetario (demostrada a través de una póliza de seguros) a favor de una entidad pública como indemnización o sanción por incumplimiento de obligaciones como proponente en un proceso de selección	(Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015; Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Certificado obligaciones parafiscales	Carta firmada en original por representante legal y revisor fiscal que acredite el pago de seguridad social y aportes de ley de empleados en los últimos 6 meses	(Ley 789 de 2002 [DAFP], 2002)
Compromisos anticorrupción o transparencia	Carta firmada en original por representante legal con aceptación de participar del proceso de selección y ejecutar la obra conforme a pacto de transparencia anticorrupción	(Colombia compra eficiente, 2021)
Boletín procuraduría, contraloría y policía	Reporte de responsabilidad fiscal y judicial ante la contraloría general de la república, procuraduría general de la nación y policía nacional	(Ley 1238 de 2008 [DAFP], 2008)
Cédula de ciudadanía de participante	Documento de identificación de los ciudadanos mayores de 18 años en Colombia	(Cancillería de Colombia, 2021)

Requisito	Descripción	Referencia
RUT	Registro único tributario identificativo de personas o empresa que sean declarantes de impuestos sobre la renta, ingresos y patrimonio	(DIAN, 2021)

Los requisitos de capacidad financiera buscan establecer a través de una serie de indicadores financieros y organizacionales presentes en el RUP de los proponentes, si estos se encuentran capacitados para hacer frente económico y solvente a las obligaciones del futuro contrato (Colombia compra eficiente, 2021). En la Tabla 2 se observan los requisitos financieros.

Tabla 2.

Requisitos habilitantes financieros de los pliegos tipo.

Requisito	Descripción	Referencia
Índice de liquidez (\geq)	Mínimo requerido de dividir el activo corriente sobre el pasivo corriente del proponente (capacidad de generar dinero líquido)	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Índice de endeudamiento (\leq)	Máximo requerido de dividir el pasivo total sobre el activo total del proponente (cantidad de deuda externa que posee la empresa)	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Razón de cobertura de intereses (\geq)	Mínimo requerido de dividir la utilidad operacional sobre los gastos de intereses del proponente (capacidad de realizar pagos de intereses)	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Patrimonio (\geq)	Mínimo requerido de la resta del activo total y el pasivo total (recursos propios de la empresa)	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Capital de trabajo (\geq)	Mínimo requerido de la resta entre el activo corriente y el pasivo corriente (recursos necesarios para las operaciones normales de la empresa)	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Rentabilidad del patrimonio (\geq)	Mínimo requerido de dividir la utilidad operacional sobre el patrimonio (capacidad de generar beneficios)	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Rentabilidad del activo (\geq)	Mínimo requerido de dividir la utilidad operacional sobre el activo total (rentabilidad sobre los activos)	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)

Los requisitos habilitantes técnicos son utilizados para demostrar la experiencia de trabajo que poseen los proponentes, con el fin de establecer si podrán hacer frente al futuro contrato en base a experiencias pasadas de similar naturaleza. Para ello se estudian los contratos registrados en el RUP, una relación de contratos aportados por el proponente para el cumplimiento de los mínimos exigidos y la documentación correspondiente que sustente dicha relación (Colombia compra eficiente, 2021).

Adicionalmente se evalúa que los demás compromisos contractuales que tengan los proponentes no afecten el cumplimiento satisfactorio del futuro contrato. Esto se hace a partir del cálculo de la capacidad residual, la que tiene en cuenta la capacidad de organización de la empresa (mayor ingreso operacional en los últimos 5 años), su experiencia previa, capacidad en personal técnico, índice de liquidez financiera y saldo de contratos en ejecución actual (saldo acumulado pendiente por ejecutar de todas las obligaciones contractuales) (Colombia compra eficiente, 2021).

La Tabla 3 muestra los requisitos para acreditar la capacidad técnica.

Tabla 3.

Requisitos habilitantes técnicos de los pliegos tipo.

Requisito	Descripción	Referencia
Capacidad residual	Indicador de la capacidad para hacer frente al objeto de un contrato de obra, de modo que los demás compromisos contractuales que posea no afecten la ejecución del contrato en cuestión	(Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015)
Experiencia general	Experiencia acumulada en SMMLV en la relación de contratos aportados de la misma naturaleza del objeto del proceso de selección	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Experiencia específica	Requerimiento específicos de experiencia adicional dentro de la relación de contratos aportados	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)

Finalmente, los factores ponderables son aquellos criterios de evaluación con los que se realiza asignación de puntaje y se determina el adjudicatario del contrato. Dentro del sobre N° 1 solo se incluyen aquellos factores diferentes a la oferta económica (Colombia compra eficiente, 2021). Los factores que se valoran según criterios de valor para el contrato son los expuestos en la Tabla 4.

Tabla 4.

Factores ponderables del sobre N° 1 de los pliegos tipo.

Requisito	Descripción	Referencia
Factor técnico-calidad	Carta de ofrecimiento de implementación de programa de gerencia de proyectos, disponibilidad de maquinaria de obra, realización futura de un plan de calidad o aportación de una garantía suplementaria	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Factor por apoyo a la industria nacional	Carta firmada en original donde se afirme la procedencia nacional y el compromiso de prestación de bienes y servicios 100% nacionales	(Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013)
Factor por vinculación de personas en condición de discapacidad	Acreditar mediante certificado del ministerio de trabajo un mínimo de personal en condición de discapacidad vinculado a la empresa	(Decreto 392 de 2018 [DAFP], 2018)

Durante la revisión de los requisitos habilitantes, el comité evaluador otorgará la clasificación de “hábil” o “no hábil” a los proponentes para cada uno de los campos evaluados (jurídico, financiero y técnico). Posteriormente los proponentes que fueron evaluados como hábiles, se les evaluará y asignará puntaje a los factores ponderables dentro del sobre N° 1. Finalmente, el comité evaluador expedirá y publicará un informe preliminar de evaluación de los proponentes (Colombia compra eficiente, 2021).

A partir de ese momento y hasta la publicación del informe de evaluación definitivo, los proponentes tendrán la oportunidad de subsanar documentos para modificar su calificación (siempre y cuando no mejore la propuesta), realizar observaciones frente a su evaluación y la de los demás competidores (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

El proceso de la licitación pública continua con la audiencia de adjudicación, un evento público en el que cada oferente posee nuevamente la oportunidad de realizar observaciones frente a su propuesta o la de los competidores, y consecuentemente se realiza la apertura del sobre N° 2 (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Este sobre contiene la oferta económica, la cual es corregida aritméticamente por el promotor en caso de encontrarse alguna operación matemática errónea. Para asignar el puntaje se realiza una ponderación de todas las propuestas mediante un método de ponderación. Estos métodos pueden ser la mediana con valor absoluto, la media geométrica, la media aritmética alta, la media aritmética baja o menor valor respecto a todas las propuestas habilitadas (Colombia compra eficiente, 2021).

El método de ponderación es elegido de forma aleatoria utilizando los centavos de la tasa de cambio representativa del mercado (TRM), certificada por la superintendencia financiera de Colombia, que regirá para día laboral siguiente de la audiencia de adjudicación. Con ello los centavos determinan el método a emplear conforme a la Tabla 5.

Tabla 5.

Método de determinación de fórmula para ponderación de ofertas económicas del pliego tipo.

Rango TRM (inclusive)	Método
De 0.00 a 0.19	Mediana con valor absoluto
De 0.20 a 0.39	Media geométrica
De 0.40 a 0.59	Media aritmética alta
De 0.60 a 0.79	Media aritmética baja
De 0.80 a 0.99	Menor valor

Nota. Fuente: *Colombia compra eficiente, 2021.*

Una vez establecido el método de ponderación se procede a aplicar la fórmula escogida respecto a todas las ofertas económicas recibidas y cuya calificación de criterios habilitantes ha sido de “hábil”. Respecto a esto se otorga el puntaje según la cercanía aritmética de las ofertas al resultado de la operación obtenida al aplicar el método de ponderación escogido (Colombia compra eficiente, 2021).

Durante este acto puede suceder la inhabilitación de ofertas económicas no aptas, declaratoria de desierta la licitación a ausencia de proponentes hábiles o la solicitud de justificación a ofertas con bajas temerarias (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

La suma del puntaje de todos los factores ponderables (incluidos los del sobre N° 1 y 2) establece el orden de elegibilidad, donde el mayor puntaje obtenido será propuesto como proponente adjudicatario del contrato. Se otorga una última intervención al público para observar frente al orden de elegibilidad expuesto y se publica el acto adjudicatario en el SECOP (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015). Cuando dos o más proponente obtienen el mismo puntaje final se procede a la aplicación de criterios de desempate, donde por ejemplo, las empresas Mipyme o las empresas nacionales se ven beneficiadas frente a empresas grandes o internacionales (Colombia compra eficiente, 2021).

Dentro de los tres días siguientes a la publicación del acto administrativo de adjudicación, debe ocurrir la firma del contrato por ambas partes (contratante y contratista), entrega de las garantías de cumplimiento por parte del contratista y su respectiva aprobación (Colombia compra eficiente, 2021). Es en ese momento ha finalizado formalmente el proceso de selección mediante licitación pública y empieza la fase ejecutiva del proyecto en cuestión, dentro del ciclo de vida de este.

Durante la fase constructiva de proyectos de infraestructura se pueden presentar modificaciones a las condiciones del contrato. Modificando su alcance, importe (mediante actas de adición), plazo (mediante actas de prórroga), cantidades e ítems de obra (mediante acta de modificación de cantidades de obra) y demás circunstancias referentes a la ejecución de un contrato, siempre y cuando no se modifique el objeto del mismo (Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013).

La fase constructiva finaliza una vez es expedida por la dirección facultativa y el promotor el acta de finalización o terminación de obra, la cual reporta las condiciones iniciales, finales y todas las modificaciones realizadas al contrato (incluyendo el coste y el plazo). El contrato se ve finalizado con el acta de liquidación, la cual hace balance general de las cuentas pendientes de ejecución material, presupuestal, ambiental y social (Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013). A partir de este acto el contratista debe garantizar la estabilidad de las obras realizadas por un plazo de 5 años (Colombia compra eficiente, 2021).

3.3. Causas de desviaciones en plazo y coste en sector construcción

Descubrimientos a día de hoy sobre causas de las desviaciones

Las desviaciones en coste y plazo ocurren en proyectos del sector construcción alrededor del mundo, tanto en países desarrollados y no desarrollados (Manzano-Alvarado, 2019). Estos fenómenos son especialmente evidentes en proyectos de infraestructura (Famiyeh et al., 2017). No es sorpresa entonces que sean un objeto de investigación constante dentro de la literatura. Algunos avances de estas investigaciones indican que las causas que no son imputables al actuar humano son las más significativas, siendo la imprevisibilidad de las condiciones de terreno lo más importante (Yang y Ou, 2008).

Otros investigadores han llegado a resultados que demuestran que las adiciones en coste son los predictores más importantes para las desviaciones en tiempo, mientras que las adiciones de plazo lo son para las desviaciones en coste (Gómez-Cabrera et al., 2020). En adición a lo anterior, concuerdan muchos estudios en que el plazo inicialmente pactado es una variable significativa para la ocurrencia de retrasos (Gómez-Cabrera et al., 2020).

En esencia entre más grandes son los proyectos de construcción, mayor será el porcentaje de desviaciones en coste respecto al presupuesto inicial. Es resultado de múltiples correlaciones realizadas entre el tamaño del proyecto y los sobrecostos por otros investigadores (Abderisak et al., 2017).

Otros descubrimientos muestran que realizar ofertas en presupuesto y plazo demasiado optimistas puede ser un factor crucial que incentiva las desviaciones, puesto a que el margen de maniobra ante imprevistos es mínimo y supone un sacrificio en la calidad de los resultados (Larsen et al., 2016).

Demás avances y estudios han demostrado que el tamaño del contrato, su duración inicial, previsión climática y el resultado de un proceso licitatorio competitivo también son cruciales a la hora de desembocar en la ocurrencia de las desviaciones (Bhargava et al., 2010).

Causas de desviaciones alrededor del mundo

No obstante, estos avances encontrados en la literatura dependen del sitio en el que se desarrolla cada proyecto, variando de un sitio a otro las causales de desviaciones de forma aleatoria por múltiples factores. Esto se demuestra en las investigaciones de muchos profesionales que llegan a conclusiones de causas diferentes dependiendo el país, la fase de proyecto en la que se desarrolle y el tipo de obra.

En proyectos de construcción de edificación en Egipto por ejemplo, se encontró que los principales motivantes de sobrecostos y retrasos son la falta de comunicación entre contratista, consultor y promotor, y la lenta toma de decisiones que esto conlleva durante el desarrollo de las obras (Abd El-Razek et al., 2008). En proyectos de tipo hidráulico de Teherán se ha descubierto que las demoras en el pago de trabajos realizados y la excesiva burocracia para gestionar modificaciones de obra en contratos públicos, son los precursores más frecuentes de las desviaciones (Feyzbakhsh et al., 2018).

En el caso de proyectos de infraestructura vial se han encontrado estudios alrededor del mundo que muestran diferentes causantes de esto. En Zambia, por ejemplo, se encontró que el mal clima, cambios en el alcance, protección ambiental, y huelgas sociales son las principales causas de desviaciones en coste. Por otro lado, los retrasos en programación y pago, procesos financieros, modificaciones contractuales, problemas económicos y de material, parecen ser los causantes más relevantes para ambos tipos de desviación (Kaliba et al., 2009).

En palestina, por otro lado, el factor más influyente fue el ambiente político, lo que impulsa a los proyectos a licitarse por la menor cuantía posible, adicionando los constantes retrasos en los pagos y escasos de maquinaria, termina desembocando en retrasos constantes en proyectos viales (Mahamid et al., 2012).

En Malawi, por su parte, los retrasos en construcción carretera son causados por la escasez de combustible, insuficiente flujo de caja de los contratistas, falta de inversión en moneda externa, demoras en procesos de pago y equipamiento limitado (Kamanga y Steyn, 2013). Y por su lado, la lluvia y el lodo, la adquisición de terrenos, ofertas de licitación a la baja y fallas de maquinaria, son lo motivantes de retraso más frecuentes en obras viales en Camboya (Santoso y Soeng, 2016).

En países con un contexto socio-cultural más similares a Colombia, como lo es Ecuador, existen investigaciones que demuestran que los retrasos son dependientes mayoritariamente de las habilidades gestoras que poseen los intervinientes (promotor, consultor y contratista) en la ejecución de las obras lineales y edificaciones, influenciado también por el rendimiento y calidad de los recursos materiales y humanos, sin olvidar el clima. Mientras que, para el caso de los sobrecostos, estos se ven influenciados por todos aquellos factores que modifiquen la eficacia y productividad para desarrollar las obras (Manzano-Alvarado, 2019).

Del mismo modo, resultó ser influyente tanto para los sobrecostos como para los retrasos, el tamaño de las empresas y el nivel de control de riesgos de imprevistos que puedan tener las obras en Ecuador (Manzano-Alvarado, 2019).

Estudios en vías rurales en Colombia han encontrado variables que afectan las desviaciones dependiendo la fase en la que se encuentre el proyecto de construcción. En una fase inicial, las variables relacionadas a ambos tipos de desviaciones son el presupuesto estimado, la magnitud del proyecto, año de ejecución y municipio de construcción; siendo las primeras dos las más críticas en una etapa temprana del ciclo de vida de proyectos para los planificadores y gestores de los mismos (Gómez-Cabrera et al., 2020).

Por lo anterior queda demostrada la gran variabilidad que pueden tener los detonantes de desviaciones en coste y plazo dependiendo del país, tipo de obra y fase de desarrollo en la que se ejecuten los proyectos. Debe tenerse en cuenta también que aunque muchas causas encontradas en la literatura son más frecuentes y repetitivas que otras, eso no significa que solo por su frecuencia sean más impactantes o contundentes en los efectos que provoque sobre las desviaciones (Abderisak et al., 2017). Las causas de desviaciones presentes en la literatura pueden ser clasificadas en dos grupos por sus efectos, las que son frecuentes pero de bajo impacto y las no tan frecuentes de alto impacto (Long et al., 2004).

Métodos de investigación utilizados para estudio de causas de desviaciones

Algunos de los métodos utilizados para las investigaciones sobre causas de desviaciones son, por ejemplo, la técnica de los mínimos cuadrados de tres etapas utilizada para analizar el impacto sobre el coste y plazo de múltiples variables en proyectos carreteros de USA (Bhargava et al., 2010).

Otros autores han realizado análisis multivariable a través de “random forest” para evaluar el efecto de considerar múltiples variables interactuando de manera simultánea y clasificándolas por orden de importancia (Gómez-Cabrera et al., 2020).

Escalas de Likert categorizadas en multiniveles, diagramas de Kiviat (Abderisak et al., 2017), correlaciones de Spearman (Le-Hoai et al., 2008), índice de importancia relativa (Famiyeh et al., 2017), regresiones lineales de mínimos cuadrados y correlaciones de Pearson (Gholamreza y Meghdad, 2019) y método d de Cohen (Safapour y Kermanshachi, 2019), son otras de las metodologías de análisis utilizadas por investigadores para llevar a cabo estudios sobre causas de desviaciones alrededor del mundo.

Por otro lado, a pesar que la mayoría de estudios implementa métodos que permiten la comparación de resultados y estudios de tendencia, estos usan como fuente principal de información la opinión de las partes participantes en los proyectos de construcción (Gómez-Cabrera et al., 2020). Haciendo falta más estudios utilizando bases históricas con datos reales de proyectos finalizados.

Sobre la base literaria existente a día de hoy, se encuentra por ejemplo que muchos autores en su alcance llegan a definir y clasificar las causas de las desviaciones, sin embargo, no muchos llegan a definir la magnitud de sus efectos o los orígenes de esas causas (Abderisak et al., 2017).

Sin embargo, múltiples autores identifican aún una ausencia de estudios sobre retrasos y sobrecostes en proyectos viales rurales (Gómez-Cabrera et al., 2020). Es recomendable en futuras investigaciones centrarse en áreas de estudio que evidencien otro tipo de relación con las desviaciones, como puede ser el proceso de licitación, incluyendo los requerimientos de participación, sistema de calificación y número de participantes del proceso (Gómez-Cabrera et al., 2020).

4. Metodología de la Investigación

Para el desarrollo y resolución de los objetivos planteados en el presente trabajo de fin de máster, se estableció y siguió el método de investigación expuesto en la Figura 8 en tres etapas. La primera etapa fue una recolección de información, cuyo primer paso consistió en una revisión de la literatura existente en bibliotecas virtuales (como Scopus y Web of Science) de artículos científicos, tesinas de grado y especialización, revistas científicas y demás fuentes de información fiable con el fin de identificar las causas de retraso y sobrecoste a la fecha de la presente investigación. Esto se realizó para establecer un punto de partida sobre el cual posteriormente investigar e identificar las causas de desviaciones en vías terciarias en Colombia.

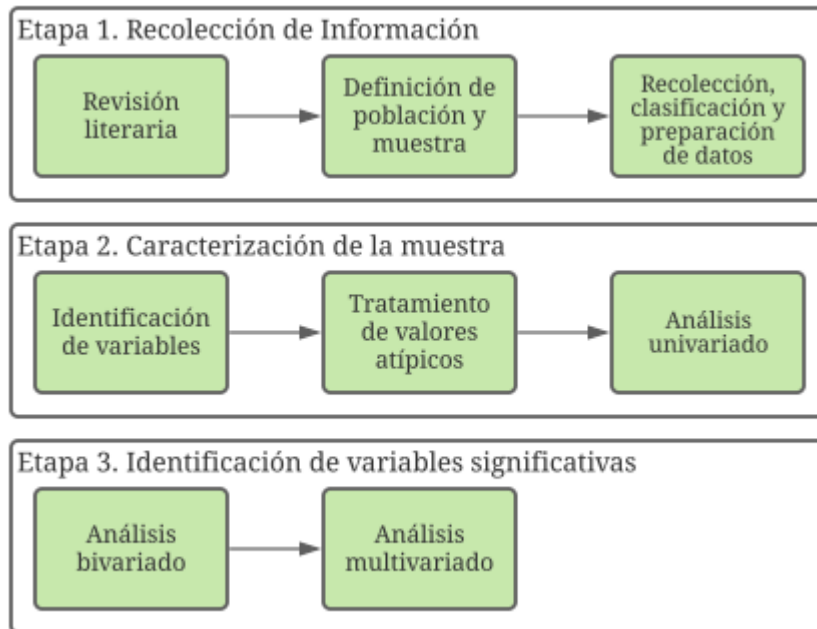
Posteriormente, se realizó una recolección de datos a través de la plataforma de datos abiertos del gobierno colombiano de proyectos finalizados de vías terciarias. Para ello, un paso previo fue definir el tamaño de la población y la muestra de estudio. Una vez definida la muestra, se realizó la recolección de datos, clasificación mediante una serie de variables y preparación de la información para su posterior estudio.

Seguido a la recolección de información, la segunda etapa consistió en la caracterización de la muestra. Para ello se realizó, primeramente, un análisis exploratorio de la información recolectada, identificando las variables y los valores atípicos dentro de la información captada. Se siguió con el desarrollo de la descripción estadística básica de los datos mediante análisis univariado, identificando variables no representativas (sin variabilidad) para el estudio, realizando un filtro sobre la base de datos obtenida para siguientes etapas.

Finalmente, la tercera etapa fue la identificación de variables significativas que provocan las desviaciones en tiempo y coste en vías terciarias de Colombia. En este paso se realizaron métodos de análisis estadísticos bivariados y multivariados utilizando el programa computacional SPSS como herramienta.

Figura 8.

Esquema de la metodología de la investigación.



4.1. Identificación y clasificación de causas de retraso y sobrecoste

Este primer paso de la investigación tiene por objetivo identificar las principales causas que provocan desviaciones en contratos de obra reportados alrededor del mundo a lo largo de los años y extrapolar esta información para el caso colombiano, partiendo de estas causas para identificar las que efectivamente en Colombia provocan desviaciones en los contratos de vías terciarias.

Para completar la base literaria de causas de desviaciones en tiempo y/o coste en contratos de obras lineales se realizó una investigación de publicaciones oficiales en universidades y bibliotecas virtuales como Scopus y Web of Science. Para estas últimas se utilizaron estrategias de búsqueda con palabras clave como las que siguen: (“Construction” or “Construction projects”) and (“Cost overruns” or “Time delays” or “Construction time overruns”). Las estrategias de búsqueda fueron realizadas en inglés, debido a que en estas bibliotecas virtuales se encuentra una mayor cantidad de publicaciones en este idioma.

Con los resultados obtenidos, tanto en la Web of Science como en Scopus se realizó una reorganización de los resultados por las publicaciones más veces citadas de mayor a menor. Una vez hecho esto, se filtró inicialmente cada publicación por su título de acuerdo a la relevancia que tenían con el tema de búsqueda (estudios de causas de desviaciones en tiempo o coste en obras). Cabe recalcar que, en este paso, se admitió estudios de desviaciones en proyectos de obra civil, carretera y edificación, puesto que el número de publicaciones relacionadas únicamente a obras lineales y más específicamente obras en vías terciarias era muy limitado.

De las publicaciones identificadas por título se procedió a realizar un segundo filtro consistente en revisar más detalladamente el abstract o resumen, o en su defecto, un tercer filtro revisando el desarrollo y conclusiones de cada publicación. Esto con el fin de identificar si efectivamente el documento consiste en un estudio realizado para determinar las causas de desviaciones en tiempo o coste en obras, o si por lo menos las relaciona. Alrededor de 45 publicaciones fueron revisadas de acuerdo a estos filtros y se clasificaron como publicaciones relevantes o no.

Adicionalmente fueron consultados trabajos de fin de grado y master realizados en universidades de España y Colombia, realizando los mismos tres filtros relacionados anteriormente y clasificando de la misma manera las publicaciones encontradas.

Cada una de estas publicaciones fue clasificada para su estudio de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Tipo de documento: trabajo de fin de master, artículo de conferencia o artículo científico.
- Publicación: entidades donde se publicaron los documentos.
- Título, año de publicación, abstract o resumen, autor, palabras clave y país.
- Tipo de contrato: obra civil, lineal o edificación.
- Causas de desviaciones: listado de todas las causas relacionadas en la publicación.

- **Imputabilidad:** para cada una de las causas relacionadas se estableció si estas pudieron ser provocadas por culpa del contratista de la obra o no. En casos donde no era clara la distinción se realizó la clasificación basado en la afinidad con otras investigaciones revisadas.

A partir de la recolección de datos realizada se procedió a estudiar todas las causas de desviaciones relacionadas en las referencias consultadas, encontrando similitudes y patrones entre los descubrimientos de los diferentes autores en proyectos alrededor del mundo. Adicionalmente se agrupó la información en causas imputables al contratista o no, dependiendo la clasificación otorgada al momento de recolectar la información.

Las causas de desviaciones en tiempo y/o coste encontradas en la literatura alrededor del mundo, serán extrapoladas e identificadas para el caso colombiano de las vías terciarias en capítulos posteriores. Los resultados que se encuentren en este primer paso marcarán un punto de partida sobre el cual hacer un salto o *gap* respecto a la literatura existente, pues se profundizará en las causas que efectivamente aplican para el caso de la investigación y se estudiará más a fondo la relación entre ellas.

4.2. Definición de la población y la muestra de estudio

Un paso previo para realizar la recolección, clasificación y preparación de datos fue la definición del tamaño de la población y la muestra sobre la cual se realizó el estudio.

En primer lugar, se estableció el tamaño de la población. Para ello se utilizó el portal de datos abiertos del gobierno colombiano publicado en la plataforma de Colombia compra eficiente “SECOP” para descargar una base datos con el total de proyectos contratados y ejecutados de obra civil en vías de la red terciaria en Colombia en un periodo de tiempo determinado.

En Colombia las entidades públicas están obligadas a publicar toda la documentación contractual de sus proyectos en la plataforma de Colombia compra eficiente SECOP I (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015), acto que se hace de forma regular desde el año 2011. El SECOP I cuenta con la propiedad de ser una plataforma de fácil acceso para la comunidad externa de los procesos de contratación, teniendo la posibilidad de actuar como veedores de los procesos.

Sin embargo, mediante la circular externa N° 1 de la agencia nacional de contratación pública (Colombia compra eficiente) emitida a principios del año 2019, se ordenó la obligatoriedad a partir del 1 de enero de 2020 a todas las entidades estatales la gestión de procesos de contratación exclusivamente en la nueva plataforma SECOP II.

Esta nueva plataforma es un medio electrónico en el que todas las comunicaciones, documentos del proceso de selección y contratación, ofertas y demás se hacen en medio electrónico cifrado y a través de la gestión interna de la plataforma. Para acceder a ella se requiere un usuario y contraseña identificativo como entidad estatal o proveedor del estado (contratistas) (Circular externa No. 1 de 2019 [Colombia compra eficiente], 2019). Restringiendo el acceso a agentes externos de los procesos de selección o sus futuros contratos al acceso de la información.

Se ordenó a partir de la fecha de publicación de la circular, el uso no obligatorio de la plataforma SECOP II hasta el 31 de diciembre 2019, para que las entidades públicas comenzaran la transición a ella (Circular externa No. 1 de 2019 [Colombia compra eficiente], 2019). Motivo por el cual a partir de ese año muchas entidades dejaron de utilizar el SECOP I como medio para realizar los procesos de contratación.

Con el ordenamiento del uso obligatorio del SECOP II a partir del 2020, se dejó el SECOP I como una biblioteca virtual de consulta de los procesos de contratación celebrados hasta el 31 de diciembre de 2019 (Circular externa No. 1 de 2019 [Colombia compra eficiente], 2019). Razón por la cual a través del portal de datos abiertos del gobierno colombiano publicados en la plataforma de Colombia compra eficiente solo se puede acceder a información hasta dicho año.

Revisado el portal de datos abiertos del SECOP se encontró que el año 2019 no contaba con una base de datos completa, ya que muchas entidades estatales ya habían hecho la transición al SECOP II. Por esta razón se limitó el alcance de la investigación a los años más recientes en los que se contase con la información completa de los contratos ejecutados. El periodo escogido fue entre el año 2015 y 2018.

En el portal de datos abiertos del SECOP se estableció los siguientes criterios de búsqueda para conseguir el banco de datos:

- Año de firma de contratos: 2015 – 2018.
- Estado del proceso: liquidado.
- Tipo de contrato: obra.
- Tipo de proceso: licitación pública y licitación obra pública.
- Objeto a contratar: terrenos, edificios, estructuras y vías.
- Nombre de Familia: vías.
- ID del grupo: G.

El tipo de procesos de licitación pública fue escogido ya que es la modalidad de selección recomendada por la dirección nacional de planeación para contratos de infraestructura vial en Colombia (Decreto 1082 de 2015 [DNP], 2015).

Se descargaron 719 contratos de vías de la plataforma. Sin embargo, estos correspondían a contratos cuyo objeto trataba de infraestructura vial en general, abarcando vías primarias, secundarias, terciarias, puentes y movimiento de tierras. Debido a esto un filtro extra fue realizado de forma manual, revisando y leyendo cada uno de los objetos de contrato descargados en búsqueda de objetos relacionados a vías terciarias.

En muchos casos el objeto no era claro para el tipo de vía al que se refería dicho contrato, razón por la cual en esos casos fue verificado el documento de “estudios previos” para clarificar el tipo de vía que se trataba. Con esto se pasó de 719 contratos de vías de cualquier índole a 248 contratos de vías terciarias dentro del periodo de estudio (2015-2018).

Para determinar la muestra se utilizó la Ecuación 1 para estimar la muestra de una población de menos de 100.000 elementos.

Ecuación 1.

Método de estimación de una muestra finita.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Nota. Fuente: (Vivanco, 2005).

Donde:

- N= población (248 estimada previamente)
- n= muestra
- p= probabilidad a favor (recomendable 50%)
- q= probabilidad en contra (recomendable 50%)
- Z= nivel de confianza (bajo un nivel de confianza del 90%, se obtiene un Z de 1,64)
- e= error máximo permitido (5%)

Con una población de 248 contratos, se estimó una muestra de 130 elementos necesarios para llevar a cabo el estudio.

4.3. Recolección, clasificación de datos y preparación de los datos

Finalmente, el último paso de la primera etapa de la metodología de investigación del esquema inicialmente planteado fue la recolección, clasificación y preparación de datos.

Para la recolección de los 130 contratos ejecutados de vías terciarias se utilizó el banco de datos previamente descargado del portal de datos abiertos del gobierno colombiano publicado en la plataforma de Colombia compra eficiente (SECOP), explicado previamente.

El banco de datos descargado contaba con 248 contratos de vías terciarias ejecutados entre el año 2015 y 2018 (correspondiente a la población total de la investigación). Cada contrato contó con un link directo al proceso publicado en la página del SECOP I para la exploración y consulta de los documentos del proceso de contratación y documentación contractual de la ejecución.

Los 130 contratos para la muestra de estudio se seleccionaron de forma aleatoria utilizando una técnica de muestro probabilístico. La técnica utilizada fue el muestreo aleatorio simple, en la que cada elemento de la población contó con una probabilidad de selección igual y conocida para ser escogido (Vivanco, 2005). Utilizando el programa computacional Microsoft Excel se asignó un número aleatorio entre 0 y 1 con la función “=Aleatorio ()” a cada uno de los 248 elementos del banco de datos. Posteriormente se utilizó la herramienta del menú “ordenar y filtrar” y se reorganizó el banco de datos de acuerdo a la asignación numérica realizada de menor a mayor, obteniendo la población organizada de forma aleatoria.

Seguidamente se seleccionó los primeros 130 contratos para conformar la muestra de estudio. Se hace énfasis en que sin importar la organización de menor a mayor o viceversa, la nueva disposición de la población sería aleatoria en función del número aleatorio asignado.

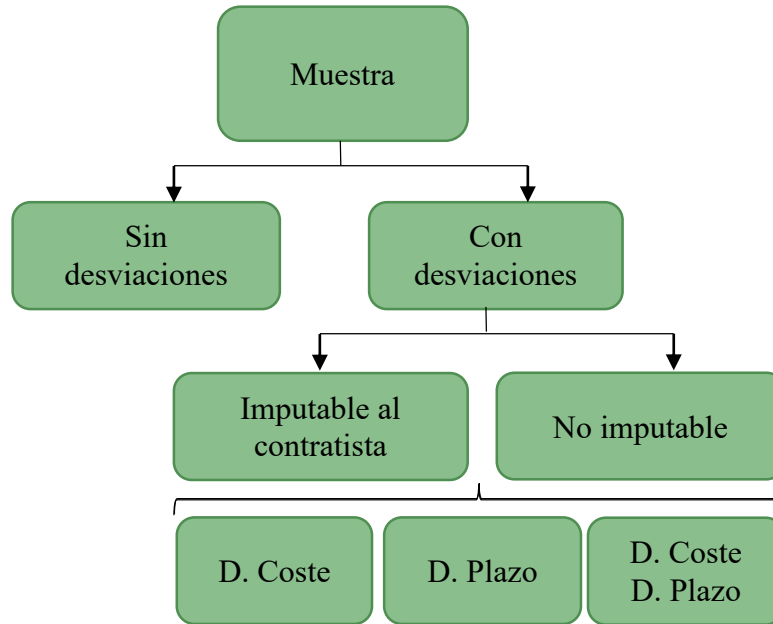
Una vez seleccionada la muestra de los 130 contratos ejecutados de vías terciarias se procedió al estudio caso por caso de su proceso de contratación publicado en el SECOP I. En el portal web, la investigación se realizó mediante filtros. En primera instancia se hizo revisión de los documentos denominados “adición” y “prórroga”, nombre del acto administrativo de la acción de modificar el importe o el plazo de un contrato, correspondiendo a la desviación en coste o plazo respectivamente. Adicionalmente se revisaba los documentos denominados “otros sí”, que corresponden a un anexo o adición del contrato base.

Esto se realizó para identificar y clasificar los contratos en dos categorías, posee o no posee desviaciones. Los casos de contratos que no poseían desviaciones se identificaban porque carecían de actas de “adición” o “prórroga” y los “otros sí” no relacionaban información sobre desviaciones. Sin embargo, en estos casos se cercioraba de la condición revisando finalmente el acto de liquidación de contrato y terminación de obra, donde también debería aparecer registrada la existencia de adiciones en tiempo o importe.

Seguidamente, se llevó a cabo para los casos de los contratos que poseían desviaciones un filtro donde se distinguió si dichas desviaciones eran imputables o no al actuar del contratista de obra. Por último, un tercer filtro se realizó para estos últimos casos, clasificándose también por el tipo de desviación reconocida, en coste, en plazo o ambas. Un esquema de la clasificación realizada se observa en la Figura 9.

Figura 9.

Clasificación de la muestra.



Una vez finalizada la clasificación de los contratos se procedió a la revisión documental. Los documentos revisados en orden cronológicos de los procesos de contratación se listan a continuación, explicando la información consultada en cada uno de ellos.

- Acta de apertura del proceso de selección: fecha formal de inicio del proceso licitatorio.
- Pliegos de condiciones definitivos: cronograma, sitio de ejecución, presupuesto base de licitación, requisitos habilitantes, factores ponderables, contenido de los sobre N° 1 y 2, tipo y condiciones de garantía exigidas.
- Adendas: modificaciones a alguno de los aspectos revisados en el pliego definitivo.
- Acta de cierre: fecha final del cierre para presentar ofertas y número total de proponentes presentados.
- Acto de adjudicación: fecha de adjudicación del contrato.
- Contrato: nombre del contratista y promotor, objeto de obra, plazo e importe inicial.
- Otros sí, adiciones o prórrogas: modificaciones al plazo e importe contratado, motivos de la modificación e imputabilidad de la modificación (a causa o no del contratista)
- Acta de terminación y acta de liquidación: plazo e importe final del contrato.

Toda la información revisada y captada de los anteriores documentos fue organizada y clasificada en variables de la investigación. Se establecieron tres grandes grupos de variables. Estos son (1) características del proceso de contratación, (2) causas de las desviaciones y (3) requisitos habilitantes y factores ponderables.

Todos los datos recolectados fueron posteriormente preparados y codificados como se explicará más adelante.

Las características del proceso de contratación correspondían a toda la información referente al tipo de contrato, agentes participantes, fechas, plazos del proceso licitatorio, localización, desviaciones encontradas y demás información descriptiva alrededor del contrato en cuestión.

En la Tabla 6, se observan las variables de este grupo con la codificación realizada para su posterior identificación.

Tabla 6.

Variables de las características del proceso de contratación.

Código de variable	Nombre de variable (Tipo)	Descripción	Unidad/Valores
CAR. 1	Año de firma del contrato (categórica)	Año a partir del cual se firmaron los contratos y comenzaría su ejecución	Años: 2015 (1), 2016 (2), 2017 (3) o 2018 (4)
CAR. 2	Promotor (categórica)	Entidad estatal actuando como promotor de un proyecto y cliente de la prestación contractual	Alcaldía o municipio (1) Gobernación departamental (2) Agencia ejecutiva del gobierno (3)
CAR. 3	Tipo de proyecto (categórica)	Objeto contractual que define la motivación de celebrarse un contrato	Construcción nueva (1) Rehabilitación y/o mejoramiento y/o mantenimiento (2)
CAR. 4	Región de Colombia (categórica)	Divisiones naturales de Colombia por región de acuerdo a clima, vegetación, relieve y suelo	Andina (1) Caribe (2) Pacífico (3) Orinoquía (4) Amazonia (5) Insular (6)
CAR. 5	Contratista (categórica)	Persona natural, jurídica o figura asociativa (consorcio o unión temporal) quien firma un contrato.	Persona natural (1) Persona jurídica (2) Proponente plural (3)
CAR. 6	Miembros (categórica)	Cantidad de personas naturales o jurídicas que se agrupan dentro de una figura asociativa	No aplica (0) Entre 1 y 2 miembros (1) Entre 3 y 4 miembros (2) Más de 5 miembros (3) No reporta en el SECOP (4)
CAR. 7	Resultado de ejecución (categórica)	Presenta o no presenta desviaciones el contrato e imputabilidad de las desviaciones	Sin desviaciones (1) Con desviaciones no imputables al contratista (2) Con desviaciones imputables al contratista (3)

Código de variable	Nombre de variable (Tipo)	Descripción	Unidad/Valores
CAR. 8	Tipo de desviación (categórica)	Sobrecoste, retraso o ambas	No aplica (0) Desviación en coste (1) Desviación en tiempo (2) Desviación en coste y tiempo (3)
CAR. 9	Valor inicial del contrato (numérica)	Presupuesto de obra pactado entre el promotor y el contratista en el contrato	Valor en salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV)
CAR. 10	Plazo inicial del contrato (numérica)	Plazo de ejecución de obra pactado entre el promotor y el contratista en el contrato	Días
CAR. 11	Valor final del contrato (numérica)	Importe final ejecutado por el contratista	Valor en salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV)
CAR. 12	Plazo final del contrato (numérica)	Plazo final ejecutado por el contratista	Días
CAR. 13	Desviación en coste (categórica)	Existencia o no de diferencia entre el valor inicial y final del contrato	Si (1), No (0)
CAR. 14	Desviación en tiempo (categórica)	Existencia o no de diferencia entre el plazo inicial y final del contrato	Si (1), No (0)
CAR. 15	Valor licitación (numérica)	Presupuesto base de licitación estimado (PBL) por el promotor para subasta inversa	Valor en salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV)
CAR. 16	Porcentaje de baja (numérica)	Porcentaje por debajo del PBL sobre el cual fue adjudicado el contrato	Porcentaje
CAR. 17	Número de participantes en proceso (numérica)	Número de proponentes que presentaron oferta de licitación en el acta de cierre de la misma	Cantidad de proponentes
CAR. 18	Plazo total de proceso de selección (numérica)	Plazo total entre la fecha de apertura y la fecha de adjudicación definitiva del contrato	Días
CAR. 19	Plazo para la presentación de ofertas (numérica)	Plazo entre la publicación del pliego de condiciones definitivo y el acta de cierre	Días
CAR. 20	Plazo de evaluación de ofertas (numérica)	Plazo entre la fecha del acta de cierre y la fecha de adjudicación	Días

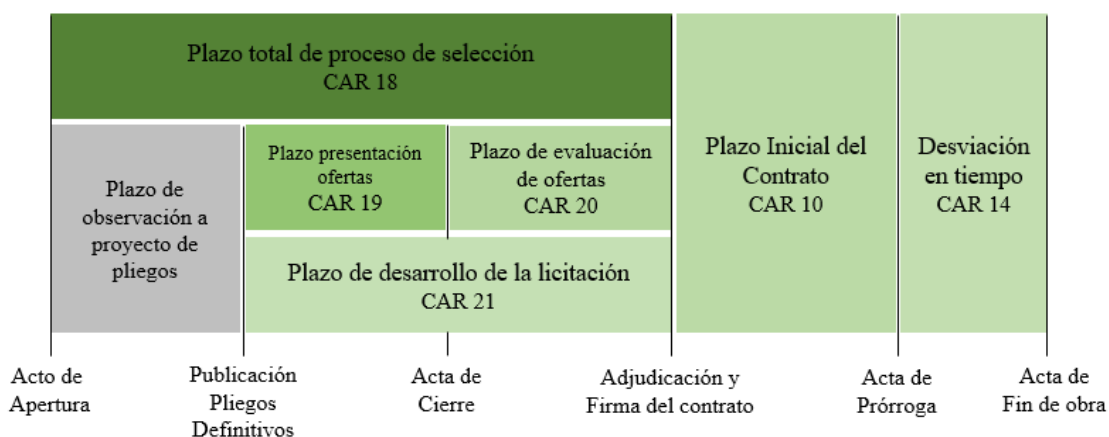
Código de variable	Nombre de variable (Tipo)	Descripción	Unidad/Valores
CAR. 21	Plazo de desarrollo de la licitación (numérica)	Plazo entre la fecha de publicación del pliego de condiciones definitivo y la fecha de adjudicación	Días

Nota. El código CAR hace referencia a las características del proceso de contratación.

Para entender mejor las variables plazo inicial del contrato, desviación en tiempo, plazo total del proceso de selección, plazo para la presentación de ofertas, plazo de evaluación de ofertas y plazo de desarrollo de la licitación, se presenta el esquema de la Figura 10. En esta se observa visualmente cual fue la distribución de los plazos del proceso de contratación tenidos en cuenta en futuras etapas de la investigación.

Figura 10.

Plazos dentro del proceso de contratación.



Las causas de las desviaciones corresponden a todas las justificaciones realizadas en los documentos denominados “adiciones”, “prorrogas” o “otros sí” para la modificación contractual del importe o plazo inicialmente pactado. Las justificaciones encontradas fueron interpretadas y clasificadas en las 23 causas de desviaciones identificadas a nivel mundial presentes en la literatura. La clasificación de las causas tuvo en cuenta la categorización realizada en la variable “resultado de ejecución” de la sección anterior, en la que se distingue cuando las desviaciones ocurridas son imputables o no al actuar del contratista de obra.

En la clasificación realizada de cada contrato se definió para cada una de las 23 causas de la literatura sí habían ocurrido o no, ya que podían ocurrir varias causas de forma simultánea. Las variables en las que se clasificaron las causas captadas de los contratos y su respectiva codificación se observa en la Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7.
Variables de las causas de desviaciones imputables al contratista.

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
C1	Falta de experiencia (categórica)	Si (1), No (0)
C2	Deficiente gestión de recursos (categórica)	Si (1), No (0)
C3	Deficiente gestión del contrato (categórica)	Si (1), No (0)
C4	Falta de procesos de calidad (categórica)	Si (1), No (0)
C5	Inestabilidad financiera (categórica)	Si (1), No (0)
C6	Estructura organizacional deficiente (categórica)	Si (1), No (0)
C7	Lenta toma de decisiones (categórica)	Si (1), No (0)
C8	Deficiente gestión del tiempo y cronograma (categórica)	Si (1), No (0)
C9	Deficiente gestión del sitio de trabajo (categórica)	Si (1), No (0)
C10	Deficiente comunicación por parte del contratista (categórica)	Si (1), No (0)
C11	Deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos (categórica)	Si (1), No (0)
C12	Deficiente aplicación de conocimientos BIM (categórica)	Si (1), No (0)
C13	Prácticas fraudulentas y corrupción (categórica)	Si (1), No (0)

Nota. El código C hace referencia a las causas de desviaciones.

Tabla 8.
Variables de las causas de desviaciones no imputables al contratista.

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
C14	Aumento de cantidades (categórica)	Si (1), No (0)
C15	Adición de ítems no previstos (categórica)	Si (1), No (0)
C16	Modificación a diseños iniciales (categórica)	Si (1), No (0)
C17	Inclemencias meteorológicas (categórica)	Si (1), No (0)
C18	Modificación al alcance del contrato (categórica)	Si (1), No (0)
C19	Falta de permisos de construcción o ambientales (categórica)	Si (1), No (0)
C20	Falta de diseños definitivos y/o terminados (categórica)	Si (1), No (0)
C21	Demoras en contratación de dirección facultativa (categórica)	Si (1), No (0)
C22	Modificación al objeto del contrato (categórica)	Si (1), No (0)
C23	Problemas del promotor con la comunidad (categórica)	Si (1), No (0)

Nota. El código C hace referencia a las causas de desviaciones.

Los requisitos habilitantes y factores ponderables fueron obtenidos de los pliegos de condiciones definitivos y sus respectivas adendas para cada uno de los contratos de la muestra. Las definiciones de las variables corresponden a los criterios habilitantes jurídicos, financieros, técnicos y ponderables encontrados en los pliegos tipo estudiados previamente.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la muestra proviene de contratos ejecutados entre el año 2015 y 2018, antes del decreto 342 de 2019, el cual ordenó a partir del año 2019 el uso obligatorio de los pliegos de condiciones tipo. Por tanto, en la información capturada para la presente investigación los procesos de selección aún no eran llevados a cabo mediante este tipo de pliego, encontrando una mayor cantidad de variables a los descritos en los pliegos tipo.

En principio las bases de los pliegos encontrados en los contratos de la muestra conservan los mismos elementos de los pliegos tipo, pero adicionan en muchos casos criterios de selección que los pliego tipo no contemplan. Por tanto, se adaptó las variables no previstas en los pliegos tipo y se hará la descripción únicamente de los requisitos nuevos.

Las variables en las que se clasificaron los criterios habilitantes jurídicos se observan en la Tabla 9, detallándose la codificación realizada.

Tabla 9.

Variables de los criterios habilitantes jurídicos.

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
JU. 1	Carta de presentación (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 2	Avala la propuesta (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 3	Conformación de proponente plural (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 4	Certificado de existencia y representación (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 5	Objetos social similar a objeto licitación	Si (1), No (0)
JU. 6	RUP (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 7	Valor garantía de seriedad (numérica)	Porcentaje
JU. 8	Plazo garantía de seriedad plazo (numérica)	Días
JU. 9	Certificado obligaciones Parafiscales (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 10	Compromisos anticorrupción o transparencia (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 11	Boletín procuraduría, contraloría y policía (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 12	Cédula de ciudadanía de participante (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 13	RUT (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 14.1	Documentos acreditativos de constitución y de la empresa (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 14.2	Certificado de cumplimiento ante entes de control (categórica)	Si (1), No (0)

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
JU. 14.3	Acuerdo de compromiso con el promotor (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 14.4	Recibo de pago de garantía de seriedad (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 14.5	Plan de manejo ambiental PAGA (categórica)	Si (1), No (0)
JU. 14.6	Idoneidad moral en RUP (categórica)	Si (1), No (0)

Nota. El código JU hace referencia a los criterios habilitantes jurídicos.

Las variables en las que se clasificaron los criterios habilitantes financieros se observan en la Tabla 10, detallándose la codificación realizada.

Tabla 10.

Variables de los requisitos habilitantes financieros.

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
FIN. 1	Índice de liquidez (numérica)	Número
FIN. 2	Índice de endeudamiento (numérica)	Porcentaje
FIN. 3	Razón de cobertura de intereses (numérica)	Número
FIN. 4	Patrimonio (numérica)	Porcentaje
FIN. 5	Capital de trabajo (numérica)	Porcentaje
FIN. 6	Rentabilidad del patrimonio (numérica)	Porcentaje
FIN. 7	Rentabilidad del activo (numérica)	Porcentaje
FIN. 8	Carta cupo bancario (categórica)	Si (1), No (0)

Nota. El código FIN hace referencia a los criterios habilitantes financieros.

Las variables en las que se clasificaron los criterios habilitantes técnicos se observan en la Tabla 11, detallándose la codificación realizada.

Tabla 11.

Variables de los requisitos habilitantes técnicos.

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
TEC. 1	Capacidad residual (numérica)	Porcentaje
TEC. 2	Experiencia en SMMLV mínima (numérica)	Porcentaje
TEC. 3	Objeto de contratos (categórica)	Sin especificar objeto de contratos (0) Mejoramiento y/o mantenimiento y/o construcción de Vías en pavimento rígido o flexible (1) Mejoramiento y/o mantenimiento y/o construcción de infraestructura vial (2) Mejoramiento y/o mantenimiento y/o construcción de vías terciarias (3) Solo cumplimiento de códigos UNSPSC (4)

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
TEC. 4	Número mínimo de contratos para acreditar (numérica)	Cantidad de contratos
TEC. 5	Experiencia requerida por contrato como %/PBL (numérica)	Porcentaje
TEC. 6	Experiencia adicional (categórica)	No aplica (0) Presentar actividades específicas (1) Presentar actividades específicas en cantidades específicas (2) Cumplir con lista de códigos de UNSPSC (3) Cumplir con lista de códigos de UNSPSC y algunos contratos sumen en valor una cantidad específica (4) Otros solicitados (contratos adicionales, años de ejecución específicos o tipos de vía) (5)
TEC. 7	Personal mínimo (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 8	Maquinaria mínima (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.1	Programa de obra (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.2	Plan de calidad (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.3	Plan de manejo ambiental PAGA (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.4	Organigrama de obra (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.5	Plan de manejo de tráfico (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.6	Programa de trabajo y ejecución (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.7	Programa de inversiones (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.8	Análisis de precios unitarios APU's (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.9	Descomposición del AIU (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.10	Años acreditados de experiencia (categórica)	Si (1), No (0)
TEC. 9.11	Permisos de trabajo (categórica)	Si (1), No (0)

Nota. El código TEC hace referencia a los criterios habilitantes técnicos.

Las variables en las que se clasificaron los factores ponderables se observan en la Tabla 12, detallándose la codificación realizada.

Tabla 12.
Variables de los factores ponderables.

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
PON. 1	Factor precio (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 2	Formula mediana con valor absoluto (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 3	Formula media geométrica con presupuesto oficial (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 4	Formula media aritmética alta (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 5	Formula media aritmética baja (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 6	Formula de menor valor (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 7	Método de asignación de fórmulas (categórica)	Múltiples fórmulas de selección (1) Única fórmula de selección (2) No definido el método (3)
PON. 8	Puntaje del factor precio (numérica)	Porcentaje
PON. 9	Factor técnico-calidad (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.1	Programa de obra (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.2	Plan de calidad (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.3	Plan de seguridad y salud (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.4	Plan de manejo ambiental PAGA (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.5	Organigrama de obra (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.6	Programa de trabajo y ejecución (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.7	Programa de inversiones (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.8	Análisis de precios unitarios APU's (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.9	Descomposición del AIU (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.10	Presentar experiencia adicional de personal (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.11	Presentar maquinaria/equipos/herramientas adicionales (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.12	No presentar multas o infracciones ambientales (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.13	Acreditar contratos ejecutados adicionales (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.14	Carta de ofrecimiento de ejecución de obra adicional (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.15	Carta de asunción de riesgos y personal de dirección facultativa (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 9.16	Carta firmada de ofrecimiento de instaurar programa de gerencia de proyectos (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 10	Puntaje técnico-calidad (numérica)	Porcentaje

Código de variable	Nombre de la variable (tipo)	Unidad/Valores
PON. 11	Puntaje apoyo a la industria nacional (numérica)	Porcentaje
PON. 12.1	Otros factores ponderables (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.2	Solicitud de anticipo (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.3	Cálculo de costes indirectos administrativos (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.4	Facturación anual (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.5	Desviación de APU's (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.6	Acreditar vínculo laboral con personal local de la obra (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.7	Compromiso de generación de empleo local de la obra (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.8	Evaluación económica con fórmulas de ítems representativos del presupuesto (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.9	Cumplimiento de la experiencia técnica requerida (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.10	Asistir a audiencia pública de aclaración de pliegos de condiciones (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.11	Idoneidad moral (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.12	Listado de materiales (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.13	Poseer trabajadores en situación de discapacidad (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.14	No poseer multas y/o infracciones ambientales (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.15	Tabla de rendimiento de equipos y actividades (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.16	Compromiso de asunción de riesgos (categórica)	Si (1), No (0)
PON. 12.17	Puntaje de otros factores ponderables (numérica)	Porcentaje
PON. 13	Puntaje total (numérica)	Numérica
PON. 14	Mayor relevancia de puntaje (categórica)	Factor precio (1) Factor técnico-calidad (2) Factor apoyo industria nacional (3) Otros factores ponderables (4)

Nota. El código PON hace referencia a los factores ponderables.

Todas las variables codificadas como JU 14, FIN 8, TEC 9, PON 9 y PON 12 son otras variables jurídicas, financieras, técnicas o ponderables encontradas en los pliegos de condiciones revisados. Algunas variables pueden tener varios códigos de variable, debido a que es el mismo requisito, pero solicitado en diferente criterio habilitante o ponderable. La descripción de estas variables se observa en la Tabla 13.

Tabla 13.
Descripción de variables de requisitos habilitantes y ponderables por fuera de pliegos tipo.

Código de variable	Nombre de la variable	Descripción
JU. 14.1	Documentos acreditativos de constitución y de la empresa	Incluye documentación interna de las empresas o sus representantes como certificaciones del tamaño de la empresa, libreta militar, formulario de actividad fiscal, hoja de vida empresarial y certificado de personal vinculado.
JU. 14.2	Certificado de cumplimiento ante entes de control	Incluye documentación expedida por entes de control como relación de multas y sanciones, medidas correctivas de la policía y certificado en registro nacional de valores.
JU. 14.3	Acuerdo de compromiso con el promotor	Contempla una carta en el que el contratista se compromete con el promotor a aceptar todas las cantidades de obra de la licitación o a vincular personal vulnerable.
JU. 14.4	Recibo de pago de garantía de seriedad	Algunos promotores piden en el proceso licitatorio la entrega del recibo de pago de la garantía de seriedad.
JU. 14.5 TEC 9.3 PON 9.4	Plan de manejo ambiental PAGA	Plan detallado de actividades para evaluar, prevenir, mitigar y corregir impactos ambientales por acción humana (Alcaldía mayor de Bogotá, 2009).
JU. 14.6 PON. 12.11	Idoneidad moral en RUP	Acreditación mediante documentos que demuestren la noción de moral social o pública de una empresa mediante acciones sociales (ICBF, 2021).
FIN. 8	Carta cupo bancario	Presentar una carta de cupo financiero pre-aprobado por un ente bancario en función de la fiabilidad financiera de la empresa (Decreto 1510 de 2013 [DNP], 2013).
TEC. 9.1 PON. 9.1	Programa de obra	Definición del calendario de ejecución de actividades de obra en una secuencia lógica (INVIAS, 2016).
TEC. 9.2 PON. 9.2	Plan de calidad	Plan que define un conjunto de acciones y procedimientos para el aseguramiento de la satisfacción de los resultados bajo los mínimos estándares de cumplimiento (INVIAS, 2016).
TEC. 9.4 PON. 9.5	Organigrama de obra	Representación gráfica de la jerarquía y división de actividades de la estructura de un contratista en la obra (INVIAS, 2016).
TEC. 9.5	Plan de manejo de tráfico	Plan que define el conjunto de acciones y procedimientos para mitigar los impactos a la movilidad peatonal y el tránsito vehicular por la ejecución de obras (INVIAS, 2016).
TEC. 9.6 PON. 9.6	Programa de trabajo y ejecución	Plan que recoge los procedimientos constructivos, técnicas y recursos necesarios para ejecutar las actividades de una obra (INVIAS, 2016).
TEC. 9.7 PON. 9.7	Programa de inversiones	Definición del calendario de inversión de los recursos económicos del proyecto a través de una curva s con el acumulado invertido (INVIAS, 2016).

Código de variable	Nombre de la variable	Descripción
TEC. 9.8 PON. 9.8	Análisis de precios unitarios APU's	Descomposición de los precios unitarios en materiales, personal, maquinaria y transporte para cada partida de obra (INVIAS, 2016).
TEC. 9.9 PON. 9.9	Descomposición del AIU	Descomposición de los costes indirectos de obra por las correspondientes partidas de administración, imprevistos y utilidades (INVIAS, 2016).
TEC. 9.10	Años acreditados de experiencia	Cantidad de años justificados de trabajo en el objeto social de la empresa desde su constitución.
TEC. 9.11	Permisos de trabajo	Permisos ambientales y/o mineros y/o calidad de materiales y/o canteras y/o municipales para poder intervenir en terreno expedidos por los entes competentes.
PON. 9.3	Plan de seguridad y salud	Plan que define el conjunto de acciones y procedimientos para mitigar el riesgo de accidentes (INVIAS, 2016).
PON. 9.13	Acreditar contratos ejecutados adicionales	Aportar una mayor cantidad de contratos a la mínima exigida para acreditar la experiencia técnica habilitante.
PON. 9.14	Carta de ofrecimiento de ejecución de obra adicional	Documento expreso en el que el contratista se ofrece a su coste y riesgo la ejecución de mayor cantidad de obra por el mismo importe base contratado.
PON. 9.15	Carta de asunción de riesgos y personal de dirección facultativa	Documento expreso en el que el contratista se ofrece a asumir el coste y riesgo del personal de la dirección facultativa
PON. 12.2	Solicitud de anticipo	Formulario en el que el contratista hace solicitud de anticipo como un porcentaje del PBL.
PON. 12.3	Cálculo de costes indirectos administrativos	Desglose de la estimación de todos los costes indirectos para ejecutar la obra del componente administrativo del AIU.
PON. 12.4	Facturación anual	Facturación total anual del contratista reportado en el balance de cuentas anual.
PON. 12.5	Desviación de APU's	Porcentaje de modificación de los APU's ofertados frente a los establecidos en el presupuesto oficial de licitación
PON. 12.6	Acreditar vínculo laboral con personal local de la obra	Acreditar mediante contrato y documentos de identidad la vinculación de personal local del sitio de ejecución de contrato licitado
PON. 12.7	Compromiso de generación de empleo local de la obra	Documento expreso en el que el contratista se compromete a la vinculación de una cuota de personal local del sitio de ejecución de obra.
PON. 12.8	Evaluación económica con fórmulas de ítems representativos del presupuesto	Puntaje adicional otorgado por la ponderación del factor precio de solo algunas partidas señaladas por el promotor del PBL.
PON. 12.9	Cumplimiento de la experiencia técnica requerida	Puntaje adicional por el cumplimiento de los requisitos habilitantes técnicos.

Código de variable	Nombre de la variable	Descripción
PON. 12.10	Asistir a audiencia pública de aclaración de pliegos de condiciones	Puntaje adicional por asistencia acreditada a la audiencia de aclaración de pliegos de condiciones.
PON. 12.12	Listado de materiales	Puntaje adicional por la presentación de una relación de todos los materiales de construcción y sus especificaciones
PON. 12.15	Tabla de rendimiento de equipos y actividades	Puntaje adicional por la presentación de una relación con el rendimiento de equipos y partidas de obra ofertadas.
PON. 12.16	Compromiso de asunción de riesgos	Documento expreso en el que el contratista se compromete a asumir el coste de los imprevistos de obra.
PON. 13	Puntaje total	Sumatoria de los puntajes del factor precio, técnico-calidad, incentivo a la industria nacional y otros.
PON. 14	Mayor relevancia de puntaje	Factor ponderable de mayor puntaje dentro del proceso de licitación.

Nota. Los códigos hacen referencia a los criterios jurídicos (JU), financieros (FIN), técnicos (TEC) y factores ponderables (PON).

Toda la información captada de los documentos contractuales y de los procesos de selección de los 130 contratos de la muestra fueron calificados y preparados en un banco de datos distribuidos en las 136 variables anteriormente descritas. Cada variable fue codificada para su identificación y clasificada por tipo (categórica o numérica).

En los casos de las variables categóricas fue definida en la columna “unidades/valores” los diferentes niveles en los que se categorizó dicha variable. Con esto se procedió a la siguiente etapa de la investigación.

4.4. Caracterización de la muestra

El paso previo para la caracterización de la muestra fue la identificación de variables, la cual fue explicada en la sección anterior, en el que se relacionó un total de 136 variables. De estas 29 corresponden a variables de tipo numérico y 107 variables de tipo categórico.

El banco de datos fue trasladado al programa computacional SPSS, herramienta estadística de gran utilidad para la investigación a partir de este punto. En el programa se realizó una evaluación de valores atípicos y valores perdidos (o nulos) dentro de la muestra recolectada. Encontrándose un total de cero casos perdidos para las 136 variables revisadas.

Adicionalmente se realizó descripción estadística de la información para determinar valores atípicos. En el caso de las 29 variables numéricas se calculó la media, error estándar de la media, mediana, moda, desviación estándar, varianza, rango, mínimo y máximo. Adicionalmente se generó diagramas de bigotes o box plot, mostrando los percentiles 25, 50 y 75. Los valores atípicos encontrados en estos diagramas, llevaron a la verificación caso por caso de los documentos contractuales de donde se extrajo la información.

Una vez verificada, la data de las 29 variables fue mantenida pues no poseía valores atípicos o fuera de lo esperado, siendo valores verificados. La descripción estadística de las variables numéricas analizadas puede encontrarse en el Anexo 1 y sus correspondientes diagramas de bigotes o box plot en el Anexo 2.

En cuanto a las variables categóricas se realizaron análisis por cada gran grupo de variables. Dependiendo el caso se generaron los gráficos estadísticos que mejor se ajustaban para la descripción de las variables. En cada caso se analizó la información gráfica en búsqueda de variables atípicas o no representativas para el estudio, esto a manera de filtro. Más adelante se explica el criterio utilizado para ello.

Para el caso de variables categóricas de dos o más niveles se realizó gráficos de torta o pie para observar el comportamiento individual de las variables y describir la muestra recolectada de esa forma. Adicionalmente por cada gran grupo de variables se generó un gráfico de barras para observar de forma conjunta todos los elementos. Esto se realizó para observar la cantidad de casos en los que efectivamente se capturó información de los 130 contratos revisados de la muestra.

Estas gráficas de barras muestran la información capturada de todas las variables de cada uno de los grandes grupos de forma separada, incluyendo variables categóricas y numéricas de cada uno. En el caso de variables numéricas siempre se habrá reportado información. Sin embargo, para las variables categóricas se tiene dos tipos de variables. El primero es en el que la información capturada siempre tiene una respuesta dividida por niveles, como el caso de la variable “año de firma del contrato”, donde siempre hay una respuesta tratándose del año en el que se ejecutó el contrato.

El otro tipo de variables, como el caso de “miembros”, es en el que es posible una respuesta nula de la variable, en el caso de que “no aplique” para el contrato analizado. También incluye todas aquellas variables en las que la respuesta es “sí o no”, refiriéndose a que el requisito habilitante fue solicitado o no en el contrato analizado. Las gráficas de barras evidencian gráficamente los casos de variables categóricas en los que la respuesta no aplicó.

A partir de esto se evaluó la *variabilidad* de las variables de cada grupo, en cuanto a que si se tratan de variables con nulos casos reportados o con el 100% de los casos reportados (evento en el que se evalúa el tipo de información que muestra cada variable, pues en casos de “sí o no”, una variable cuya respuesta es “sí” en los 130 casos no será concluyente para la investigación), se descartaría la variable.

La evaluación de variabilidad realizada se muestra en tablas resumen, donde en la columna “estado” y “justificación” se expone la calificación de la variable (aceptada o rechazada) para futuras etapas y su respectiva justificación en caso de rechazo. De esta forma para cada uno de los grupos se aceptó o rechazó las variables analizadas en pro de obtener un listado definitivo para los posteriores análisis estadísticos.

El listado definitivo de variables se complementó adicionalmente mediante otro filtro de revisión estadística. Esta vez únicamente para las 29 variables numéricas, se sometió la data a pruebas de correlaciones. Para ello lo primero fue someter los datos a la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar el grado de normalidad de la muestra. El método es utilizado puesto que se tiene una muestra de más de 50 elementos (Field, 2009).

Utilizando el programa computacional SPSS para realizar la prueba, se procedió a aceptar la hipótesis alterna para las 29 variables, es decir, que todas las variables poseen una distribución no normal o asimétrica ($P < 0,05$). Por tanto, se escoge el método de correlación de Spearman. Para identificar correlación entre variables, se buscaron correlaciones perfectas o fuertes, con un coeficiente de correlación entre $\pm 0,96$ y $\pm 1,00$ o entre $\pm 0,85$ y $\pm 0,95$ respectivamente (Field, 2009).

Finalmente se realizó un último análisis estadístico para las 29 variables numéricas nuevamente, pero esta vez con el fin de estudiar el coeficiente de variación dividiendo la desviación estándar con la media obtenida de la descripción estadística de las variables del Anexo 1 (Fernandez et al., 2002). Se buscó variables con un coeficiente de variación menor al 10%, lo que corresponde a una variabilidad catalogada como “muy baja” y por tanto poco representativa para el estudio (Fernandez et al., 2002).

A partir de los múltiples análisis univariado y correlaciones realizadas en esta sección, se retiró de la lista de variables de la investigación, aquellas variables atípicas, cuyo número de casos registrados no fue representativo, no evidenció variabilidad entre casos o mantiene una correlación fuerte con otras variables, generando el listado de variables definitivo a utilizar en capítulos posteriores.

4.5. Análisis estadístico

La última etapa del esquema de investigación, consistió en la identificación de variables significativas. Para ello el enfoque investigativo estuvo directamente relacionado con las preguntas de investigación planteadas para el trabajo de fin de master. Una a una fueron analizadas para determinar la mejor herramienta estadística, qué, con la información recopilada y distribuida en las variables definitivas de investigación aceptadas en etapas anteriores, se diera respuesta de forma óptima a las preguntas.

Para la pregunta 1 y 2 se realizó un filtro de la muestra inicial. Esto se debe a que se tienen 130 casos de contratos de vías terciarias con casos con y sin desviaciones, tal como evidenció la descripción estadística de la variable “resultado de ejecución” en el Anexo 3. De esto se tiene 73 casos con desviaciones y 57 sin desviaciones.

Por tanto, los 57 casos sin desviaciones no deben ser analizados en esta primera fase, debido a que son casos en los que, al no haber ocurrido ningún tipo de sobrecoste o retraso, claramente no existen causas asociadas a dichos eventos.

Un análisis bivariado de contingencias fue el método estadístico escogido para estudiar la interacción de las variables cuestionadas en la pregunta 1. Otros métodos de análisis fueron probados previamente, como la regresión logística binaria o la regresión multinomial. En primera instancia se empleó ambos métodos de análisis multivariado, pero con resultados infructíferos y no concluyentes, razón por la cual se optó por un método bivariado.

Para llevar a cabo el análisis de contingencias se realizó en primera instancia un análisis a los resultados univariado de las variables. Esto con el fin de identificar las causas de sobrecoste y retraso más comunes dentro de la muestra analizada.

Para responder la pregunta 2, no fue necesario la utilización de algún método estadístico adicional. Esto se debe a que para responder esta pregunta se debe interpretar la información analizada en la pregunta 1, para establecer una relación entre las causas encontradas de sobrecoste con las de retraso.

La última pregunta de investigación buscar conocer cuáles son las características de contratación, requisitos habilitantes o factores ponderables más influyentes sobre la generación de desviaciones. La pregunta 3 plantea interacciones entre variables más complejas que la pregunta 1, debido a que se tendrá que analizar un mayor volumen de información.

A diferencia de las preguntas anteriores, esta vez se analiza los 130 casos que conforman la muestra, ya que sin importar que hayan existido o no desviaciones en los contratos captados, siempre se cuenta con las características del proceso de licitación y siempre se realiza un proceso de selección. Ahora bien, se analizó la interacción de las desviaciones con las 91 variables restantes del listado definitivo de variables, sacando las causas de desviaciones, las propias variables de sobrecoste, retraso y tipo de desviación del total.

Por el volumen de información a analizar, el método estadístico escogido fue la regresión logística multinomial, con el fin de conocer el efecto predictor que poseen múltiples variables independientes sobre una dependiente en un análisis conjunto (Field, 2009). Para llevar a cabo el método estadístico se estableció para todos los análisis un modelo por pasos hacia adelante con un intervalo de confianza del 95% (exponencial de Beta).

Se estableció una variable dependiente dependiendo el caso (sobrecoste o retraso) para poder generar los modelos, que debe ser una variable de más de dos niveles, escogiendo una categoría de referencia para hacer el análisis. Las variables independientes son las 91 variables que conforman los grupos de variables a analizar. Estos grupos son características del proceso de contratación, requisitos habilitantes jurídicos, financieros, técnicos y factores de ponderación.

Paso previo antes de realizar los modelos de regresión logística multinomial, fue una revisión del ajuste de dichos modelos mediante la prueba de la Pseudo R-cuadrada por los métodos Cox y Snell, Nagelkerke y McFadden. Cuando los valores de estos tres métodos de Pseudo R-cuadrada se asemejan entre sí, se dice que en el modelo de la regresión logística las variables independientes logran explicar de forma satisfactoria la variable dependiente (Field, 2009).

El proceso de análisis para el método de la regresión logística multinomial realizado es el siguiente: Inicialmente se busca en toda la lista de variables independientes de la tabla de estimaciones de parámetro aquellas que son significativas. Una variable es significativa cuando el valor reportado en la columna “sig.”, que corresponde al nivel de significancia, es menor a 0,05. Esto quiere decir que el predictor hace una contribución significativa a la variable dependiente (Field, 2009), es decir, indica que la variable independiente predice significativamente si ocurre o no la desviación. Hay que recordar que este tipo de análisis son de tipo predictivo.

Una vez se ha identificado una variable significativa, se realiza una última verificación, confirmando que el coeficiente de Wald sea positivo. Se recuerda que las tablas de estimaciones de parámetro, únicamente muestran las variables independientes que cumplieron las dos condiciones anteriores (fueron significativas).

Con esto se procede a interpretar el resultado, donde si el exponencial de beta es menor que 1 o el valor del coeficiente B es negativo, quiere decir que a medida que aumenta el puntaje de la variable independiente, disminuirá el de la variable dependiente (Field, 2009). Es decir, que cuando el valor de la variable independiente tiende a 1, lo más probable será que la variable dependiente tienda a 0 a razón de los Odds ratios obtenidos.

Por otro lado, cuando el exponencial de beta sea mayor que 1 o el coeficiente de beta sea positivo, quiere decir que a medida que el valor de la variable independiente aumenta, la variable dependiente lo hará también con probabilidades a razón de los odds ratios (Field, 2009). Es decir, que a medida que la variable independiente tiende a 1, la variable dependiente lo hará también a razón de los odds ratios.

Hay que tener en cuenta que en la regresión logística multinomial se hacen comparaciones de dos por dos (Field, 2009), por tanto en variables dependientes con más de dos categorías, las comparaciones se hacen por cada categoría con respecto al nivel de referencia escogido. En el caso de la investigación el nivel de referencia siempre fue la categoría “no aplica” desde el punto de vista de cada una de las desviaciones, como se explicó previamente.

Finalmente, en los casos de variables independientes categóricas con dos niveles (0 y 1 por ejemplo), los resultados expuestos se interpretan como el efecto del nivel 0 en comparación con el nivel 1. Por tanto, a medida que la variable tienda a cambiar a 1, es decir interpretando el efecto del nivel 1 en comparación con el nivel 0, las probabilidades de crecimiento o decrecimiento del valor de la variable dependiente serán a razón de 1 sobre los odds ratios del nivel 0 (Field, 2009).

Con lo anterior se terminó la última etapa del esquema de investigación planteado, correspondiente a la identificación de variables significativas mediante métodos de análisis estadísticos. A partir de ello se abre paso al siguiente capítulo, en el que se analizó los resultados de los modelos generados y se discutió sobre lo obtenido.

5. Resultados

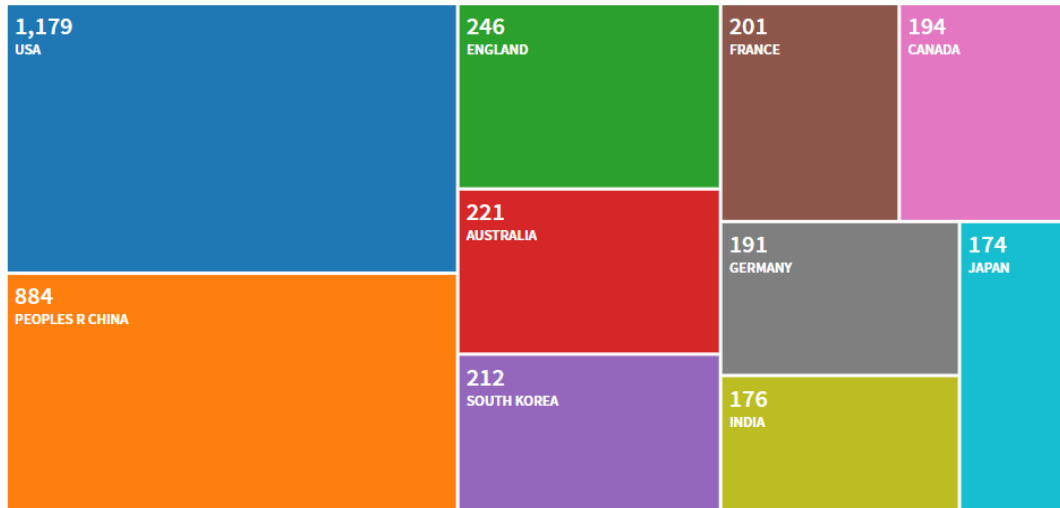
Los análisis estadísticos realizados en el capítulo anterior fueron enfocados a resolver las preguntas de investigación planteadas para la investigación. Para ello se utilizaron métodos estadísticos de tipo bivariado y multivariado para generar modelos a través del programa computacional SPSS. Ahora es objetivo del presente capítulo realizar una revisión completa a los modelos generados, en busca de analizar e interpretar sus resultados.

5.1. Principales causas de retraso y sobrecoste en construcción presentes en la literatura

A partir de la metodología de investigación explicada en el capítulo anterior, se llegó a los siguientes resultados. En la web of science se encontraron 4.671 resultados para la estrategia de búsqueda. Las publicaciones encontradas corresponden al periodo entre 2011 y 2020, siendo los años de mayores publicaciones respecto al tema el año 2017, 2018 y 2019 en ese orden. Las publicaciones provienen de los países que se observan en la Figura 12, con la mayoría de publicaciones provenientes de Estados Unidos, China e Inglaterra.

Figura 12.

Distribución de países por publicación de la búsqueda literaria en WOS.

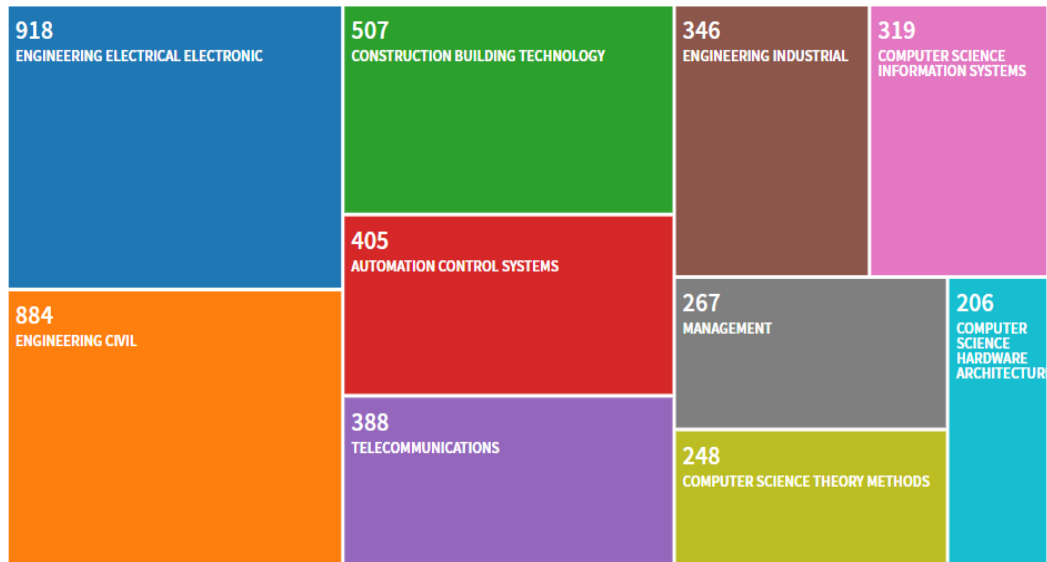


Nota. Fuente: Web of Science, 2020.

El 68% de las publicaciones encontradas son artículos científicos y se encuentran clasificadas por categorías como se observa en la Figura 13, donde 1.391 publicaciones son referenciadas como ingeniería civil o tecnología para la construcción de edificación.

Figura 13.

Clasificación por categorías de la búsqueda literaria en WOS.

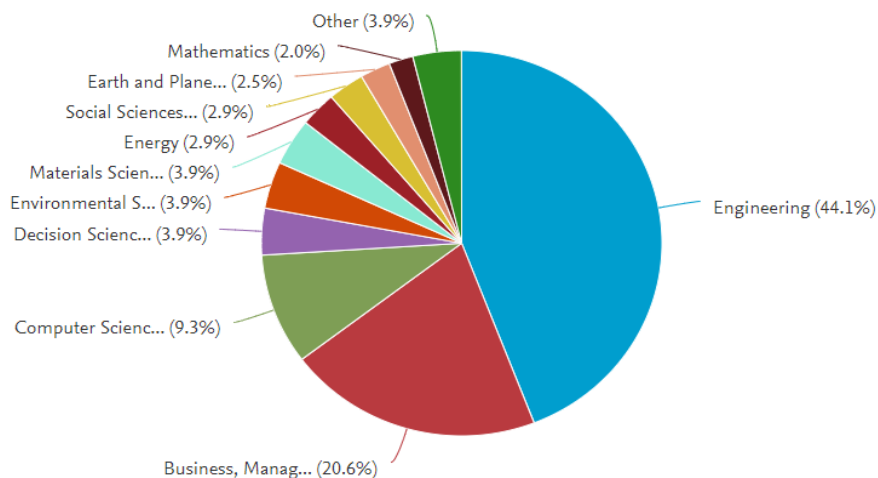


Nota. Fuente: Web of Science, 2020.

Scopus por otro lado arrojó 105 resultados bajo la misma estrategia de búsqueda, con resultados abarcando publicaciones entre el 2019 y el 2020. El tipo de publicación predominante fue artículo científico y documento de conferencia con un 69% y 29,5% de los resultados respectivamente. En scopus el 44% de los casos corresponde a publicaciones clasificadas como ingeniería, como se observa en la Figura 14.

Figura 14.

Clasificación por categoría de la búsqueda literaria en scopus.

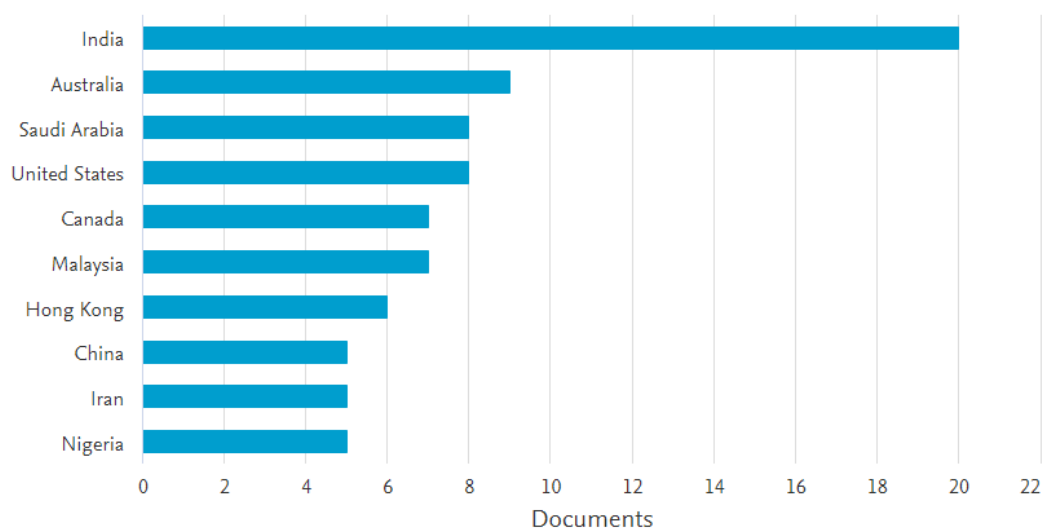


Nota. Fuente: Scopus, 2020.

Por otro lado, la distribución de publicaciones por países en la Figura 15 muestra que la India lideró en las publicaciones relacionadas a este tema.

Figura 15.

Distribución por países de publicaciones de la búsqueda literaria en scopus.



Nota. Fuente: Scopus, 2020.

Conforme a los filtros de estudio explicados en la metodología aplicados a las investigaciones encontradas en las bibliotecas virtuales, tesis y demás, se completó una base de 22 referencias. Estos se componen por trabajos de fin de master, artículos de conferencias y artículos científicos procedentes de diferentes países del mundo, obteniendo por lo menos una publicación procedente de los 5 continentes. Las referencias encontradas poseen estudios realizados entre el 2008 y 2019.

El estudio realizado derivó en identificar 13 causas de desviaciones en tiempo y/o coste imputable al contratista y 10 causas de desviaciones en tiempo y/o coste no imputable al contratista. No obstante, se aclara que en la mayoría de investigaciones no se especificaba si las causas provocaban sobrecostos o retrasos específicamente, solo se relacionaba causas de desviaciones en general. La relación de causas identificadas en la revisión literaria realizada se observa en la Tabla 14 y Tabla 15.

Tabla 14.

Desviaciones en tiempo y/o coste imputable al contratista en la literatura.

Variable	Descripción	Ejemplo	Referencia
Falta de experiencia	Carencia de conocimiento técnico del contratista en fase de licitación o ejecución por: (1) Ejecución de trabajos complejos. (2) Procesos constructivos ineficientes. (3) Bajos rendimientos de trabajo. (4) Personal inexperto.	Bajos rendimientos de producción por la implementación de métodos constructivos anticuados o por escaso estudio del proyecto antes de licitar	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008; Lozano-Serna et al., 2018; Manzano-Alvarado, 2019; Safapour y Kermanshachi, 2019)
Deficiente gestión de recursos	Incapacidad del contratista de obtener y colocar en sitio a tiempo: (1) Materiales de construcción. (2) Cantidad de maquinaria, equipos o personal necesario y cualificado.	Demoras constantes en suministro de material o bajos rendimientos por equipos en mal estado.	(Abderisak et al., 2017; Anysz y Buczkowski, 2019; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008; Lozano-Serna et al., 2018; Manzano-Alvarado, 2019; Safapour y Kermanshachi, 2019)
Deficiente gestión del contrato	Deficiencia del contratista a la hora de planificar, organizar, dirigir y controlar la ejecución de	Ejecución de obra sin programación o sin adelantar planificación adecuada de los trabajos.	(Abderisak et al., 2017; Anysz y Buczkowski, 2019; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y

Variable	Descripción	Ejemplo	Referencia
	obra desde la estructura organizacional de la empresa.		Meghdad, 2019; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008; Manzano-Alvarado, 2019)
Falta de procesos de calidad	Carencia del contratista a la hora de controlar el estado de los trabajos ejecutados, sin ensayos adecuados, provocando re-trabajos y reprocesos.	Trabajos de demolición de elementos previamente construidos por incumplimiento de normativa vigente y re-trabajo de los mismos.	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008; Manzano-Alvarado, 2019; Safapour y Kermanshachi, 2019)
Inestabilidad financiera	Escasos recursos económicos por parte del contratista para ejecutar la obra y cumplir con los hitos contractuales.	Demoras en el inicio de obra a falta de anticipo y falta de recursos económicos del contratista.	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008; Manzano-Alvarado, 2019)
Estructura organizacional deficiente	Tamaño de la empresa o personal administrativo insuficiente para que el contratista cumpla sus obligaciones contractuales.	Lento trámite de actos administrativos del contratista por falta de personal en la empresa.	(Abderisak et al., 2017; Anysz y Buczkowski, 2019; Lozano-Serna et al., 2018; Safapour y Kermanshachi, 2019)
Lenta toma de decisiones	Falta de iniciativa del contratista para resolver incongruencias de obra, solicitar o realizar modificaciones a los diseños o tomar acciones frente a determinada situación.	Acción tardía de implementar mejores métodos de trabajo, ingresar recursos a la obra o modificar diseños por el bien del proyecto.	(Abderisak et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kavuma et al., 2019)
Deficiente gestión del tiempo y cronograma	Incapacidad del contratista de cumplir los plazos contractuales establecidos a causa de programaciones de obra realizadas de forma errónea o subestimadas.	Incumplimiento constante en la duración de actividades que llevan a la necesidad de ampliación de plazo para terminar la misma obra inicialmente contratada.	(Abderisak et al., 2017; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kavuma et al., 2019; Lozano-Serna et al., 2018; Manzano-Alvarado, 2019)

Variable	Descripción	Ejemplo	Referencia
Deficiente gestión del sitio de trabajo	Falta de estudio previo del sitio para: (1) Identificar accesos y medios de transporte (vías). (2) Control del perímetro de la obra que evite accesos no autorizados. (3) Estudiar el terreno, replantear y ubicar obras preexistentes.	Aumentos en coste de obra ocasionados por la necesidad de ejecución de obras alternas para acceder al sitio de trabajo.	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Gómez-Cabrera et al., 2019)
Deficiente comunicación por parte del contratista	Decisiones tomadas en obra sin ser consultadas previamente al promotor o dirección facultativa que en consecuencia provocan desviaciones.	Modificación de obra realizada sin consulta y aprobación, que provoca la realización de re-trabajos o demolición de trabajos no satisfactorios.	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; L.-H. Long et al., 2008; Manzano-Alvarado, 2019; Safapour y Kermanshachi, 2019)
Deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos	Incapacidad del contratista de cumplir el presupuesto contractual establecido a causa de subestimaciones del coste real de las obras o estimaciones erróneas o desactualizadas de estas.	Sobrecostes constantes que llevan a la necesidad de ampliación del coste de una obra para ejecutar el mismo proyecto inicialmente contratado	(Flyvbjerg et al., 2004; Gómez-Cabrera et al., 2019; Lozano-Serna et al., 2018; Mahamid et al., 2012; Shane et al., 2009)
Deficiente aplicación de conocimientos BIM	Nulos o insuficientes conocimientos del contratista en modelado de la información para la construcción BIM o falta de aplicación de estos.	Nula detección temprana de fallos en obra por la falta de integración de modelos de diseño	(Famiyeh et al., 2017; Kavuma et al., 2019; Lozano-Serna et al., 2018)
Prácticas fraudulentas y corrupción	Falta de ética en la ingeniería del contratista para aprovecharse de recursos públicos para beneficio propio.	Adulteración de costes o plazos de obra con el fin de obtener beneficios propios	(Lozano-Serna et al., 2018; Mahamid et al., 2012)

Tabla 15.

Desviaciones en tiempo y/o coste no imputable al contratista en la literatura.

Variable	Descripción	Ejemplo	Referencia
Aumento de cantidades	Se requiere ejecutar mayor cantidad de obra a causa de incongruencias entre el diseño y la realidad o cuando se amplía el alcance del contrato para ejecutar mayor cantidad de obra	La cantidad de material de relleno para conformar un terraplén es mayor en la realidad a lo que se especificaba en planos y presupuesto.	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008)
Adición de ítems no previstos	Se requiere de partidas no previstas para completar el diseño a causa de omisiones o incongruencias con la realidad o cuando se amplía el alcance del contrato para ejecutar nuevas actividades de obra	Se requiere colocar señalización horizontal y vertical en un proyecto vial que inicialmente no lo contemplaba en el proyecto técnico.	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008)
Modificación a diseños iniciales	Se realiza una modificación necesaria del proyecto técnico para mejorar la propuesta valor de la obra o superar percances en ejecución	Se encuentra en terreno elementos imprevistos que atraviesan el trazado de una vía y es necesario mover el trazado.	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; L.-H. Long et al., 2008; Lozano-Serna et al., 2018)
Inclemencias meteorológicas	Cualquier adversidad climática que afecte las condiciones normales para la ejecución del proyecto	El mal tiempo y la lluvia no han permitido trabajar de forma continua por varios días consecutivos.	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kaliba et al., 2009; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008; Lozano-Serna et al., 2018; Manzano-Alvarado, 2019)
Modificación al alcance del contrato	Ampliación del alcance del contrato para ejecutar mayor obra bajo el mismo objeto contratado, es decir, que se aumentan cantidades y actividades en pro de ampliar los beneficios y metas físicas de un mismo contrato.	Cuando el objeto de una obra es la vía del punto A al punto B sin pasos peatonales, se modifica el alcance para contemplar puentes peatonales a lo largo de la misma vía entre A y B.	(Abderisak et al., 2017; Anysz y Buczkowski, 2019; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kaliba et al., 2009; Lozano-Serna et al., 2018; Safapour y Kermanshachi, 2019)
Falta de permisos de construcción o ambientales	Inhabilidad del contratista para ejecutar obra a causa de un tercero (normalmente entes públicos con jurisdicción sobre el territorio de la obra) que	Los entes de control han tardado mucho tiempo en emitir permisos de construcción o licencias ambientales que habiliten al contratista	(Famiyeh et al., 2017; Feyzbakhsh et al., 2018; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al.,

Variable	Descripción	Ejemplo	Referencia
	tardan o no otorgan los permisos necesarios para la construcción	para intervenir un terreno.	2008; Manzano-Alvarado, 2019)
Falta de diseños definitivos y/o terminados	Situación en la que se contrata un contratista sin tener diseños definitivos de ejecución, por lo que el comienzo de la obra física se afecta por ausencia de proyecto técnico.	Se ha dado el acta de inicio de un contrato, comenzado con el plazo, pero el contratista aún no cuenta con el proyecto técnico completo para ejecutar la obra.	(Famiyeh et al., 2017; Feyzbakhsh et al., 2018; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kaliba et al., 2009; Safapour y Kermanshachi, 2019)
Demoras en contratación de dirección facultativa	Situación en la que se contrata un contratista sin tener contratada la dirección facultativa, por lo que el comienzo de la obra física se afecta por la supervisión técnica.	Se ha dado el acta de inicio de un contrato, comenzado con el plazo, pero aún no existe dirección facultativa que supervise la ejecución.	(Famiyeh et al., 2017; Feyzbakhsh et al., 2018; Gholamreza y Meghdad, 2019; L.-H. Long et al., 2008)
Modificación al objeto del contrato	Modificación del objetivo principal que motiva la ejecución de un proyecto, lo que conlleva a modificar el alcance de este.	Cuando el objeto de una obra es la vía que conecta el punto A y B, se modifica el objeto para que la vía ahora conecte los puntos A, B y C, lo que modificará el alcance directamente	(Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Gómez-Cabrera et al., 2019; Safapour y Kermanshachi, 2019)
Problemas del promotor con la comunidad	Situación en que la comunidad afectada directa o indirectamente por la obra se encuentra contraria a esta y por sus medios obstaculiza la ejecución mediante huelgas u ocupación forzada del sitio de trabajo	La comunidad inconforme de la ejecución de una obra, obstaculiza el terreno de trabajo, entorpece la entrada del contratista y bloquea caminos.	(Famiyeh et al., 2017; Gómez-Cabrera et al., 2019; Kaliba et al., 2009; Kavuma et al., 2019)

5.2. Descripción de la muestra

Se analizaron cada uno de los grandes grupos de variables identificados (características del proceso de contratación, requisitos habilitantes jurídicos, financieros, técnicos y ponderables). Para el primero grupo de variables, las características del proceso de contratación, el análisis individual mediante gráficos de torta o pie arrojó que la muestra trabajada se compuso en un 56% de los casos de contratos celebrados y ejecutados de vías terciarias en el año 2015.

Por otro lado, el tipo de promotor predominante fueron los ayuntamientos o alcaldías municipales con el 93% de la muestra, lo que era esperable ya que la mayor parte de la red terciaria es responsabilidad de este tipo de entes, como se observó en capítulos previos. El 59% de los contratos celebrados tuvieron como objeto de ejecución la rehabilitación, mantenimiento o mejora de vías terciarias pre-existentes.

Se obtuvo también que, en la muestra obtenida el 72% de los contratos fueron ejecutados en la región Andina, lo que es otro resultado dentro de lo esperable, según lo planteado en el contexto de la investigación, donde se evidenció que la mayoría de inversiones en vías terciarias ocurría en los departamentos del centro o región Andina de Colombia.

En cuanto a contratistas el 41,54% correspondió a proponentes plurales o figuras asociativas, donde en el 20,77% de esos casos se trató de asociaciones entre 2 participantes. Los contratistas de obra actuando como empresas o figuras jurídicas correspondió al 30,77% y como personas naturales el 27,69% restante.

Por último, la muestra se compuso por un 43,85% de casos sin desviaciones. Mientras que en los casos donde sí ocurrió desviaciones, el 28,46% correspondió a casos imputables al contratista. De los casos con desviaciones, el tipo de desviación predominante fueron los casos con sobrecoste y retraso simultaneo con el 25,38%. Por su parte, los retrasos ocuparon el 17,69% y los sobrecostes el último 13,08%. Todo lo anterior se encuentra evidenciado en la Figura 16 del Anexo 3.

El gráfico de barras y la respectiva tabla de evaluación de variables (explicadas en la metodología) de cada uno de los grandes grupos de variables para estudiar su *variabilidad*, se observan en el Anexo 3.

Para el caso de las variables de las características del proceso de contratación, las 21 variables que la conforman fueron aceptadas, debido a que 11 variables son de tipo numérico y 10 son categóricas con información relevante como se observó previamente. Lo anterior a pesar que la mayoría de variables recibieron información para los 130 casos.

Pasando al segundo grupo de variables, las causas de desviaciones, tenemos 23 variables. Estas se analizaron de forma separada para los sobrecostes y retrasos, pues las variables se comportan diferente para cada tipo, y analizado de forma conjunta no se vería esta distinción. Cada tipo de desviación posee 13 causas imputables al contratista y 10 causas no imputables, como se observó en la sección anterior. Para estas variables únicamente se realizó el gráfico de barras, debido a que no tenía sentido realizar los 23 gráficos de torta, si al final reflejaría la misma información que el gráfico de barras, siendo este último más sencillo de analizar por mostrar las variables de forma conjunta. Cabe aclarar que las 23 variables son categóricas del tipo “sí o no”.

Para el caso de las variables de las causas de desviaciones en coste no imputable al contratista, en plazo no imputable, en coste imputable y plazo imputable se descartan 5, 4, 10 y 8 variables respectivamente, debido a que algunas de las variables poseen un caso sobre 130 contratos, o no poseen casos.

Hay que recordar que las variables de las causas son una extrapolación de las causas alrededor del mundo encontradas en la literatura. Por tanto, las variables que no presentan casos en Colombia, solo quiere decir que esa causa encontrada a nivel mundial no aplicó para contratos de vías terciarias en el caso colombiano.

La evaluación de variabilidad final de las variables de causas se hace compaginando el resultado del análisis para los casos de sobrecoste y retraso, es decir, si una variable es descartable para un tipo de desviación y para el otro no, se mantiene la variable. Mientras que, si es descartable para ambos casos, se descarta definitivamente.

El tercer gran grupo de variables son los requisitos habilitantes y ponderables. Este se divide en cuatro subgrupos, los criterios de selección jurídicos, financieros, técnicos y factores ponderables.

Los requisitos habilitantes jurídicos fueron analizados inicialmente mediante los diagramas barras, al igual que el caso anterior. Esto se debe a que la mayoría de sus variables son del tipo categórico con respuesta tipo “sí o no”. Solo en los casos en los que esa condición no se cumpla, se generó los diagramas de torta.

Para los requisitos habilitantes jurídicos ocurrió el caso contrario al observado para las variables de las causas de desviaciones. Esta vez se descartaron 6 variables, la mayoría debido a que se presentaron en 130 casos de 130 posibles la respuesta de “sí” en variables del tipo “sí o no”, por lo que su análisis no será concluyente en posteriores etapas de la investigación al no poseer *variabilidad* entre casos. Lo mismo aplica para la variable “carta de presentación”, donde se reportó un “sí” en 129 casos de 130 contratos, lo que no será representativo igualmente. La variable “valor de la garantía de seriedad” por su lado, es una variable numérica, pero fue descartada conforme al Anexo 1 en el que se observa que el único valor registrado para los 130 casos fue 10% (del valor del PBL), por lo que su análisis tampoco será concluyente.

Por otro lado, la variable “avala la propuesta” es una excepción a la regla, pues a pesar de presentar 130 casos de 130 posibles, es una variable categórica que siempre tiene una respuesta dividida por niveles, como se evidencia en la Figura 23 del Anexo 3. En el 48,46% de los casos se solicitó a un ingeniero civil o ingeniero de vías y transportes para avalar la propuesta presentada a los procesos de selección.

Del mismo modo la variable “plazo de la garantía de seriedad” fue una excepción, tratándose de una variable numérica y el Anexo 1 evidencia que la variable cambia para los 130 casos, por lo que sí fue relevante su análisis en posteriores etapas.

Para los requisitos habilitantes financieros, respecto su análisis de variabilidad, se aceptaron sus 8 variables en cuestión, donde a pesar de tener casos con casi el 100% de la muestra, se trata de variables numéricas, donde el Anexo 1 demuestra que en todos los casos la magnitud registrada varía para los 130 contratos.

Los requisitos habilitantes técnicos fueron analizados de la misma manera que los requisitos jurídicos. Se realizó un diagrama de barras en general para los 19 requerimientos técnicos, realizando un gráfico de torta únicamente en las variables categóricas con más de dos niveles.

Para el caso de los requisitos habilitantes técnicos solo 2 variables fueron descartadas, ambos casos sustentados en que solo se reportó 1 caso de 130 contratos, no siendo representativo para futuros análisis. Sin embargo, las variables “capacidad residual”, “experiencia en SMMLV mínima”, “número mínimo de contratos para acreditar experiencia” y “experiencia requerida por contrato” a pesar de haber presentado casos en el 100% o casi el 100% de la muestra, son variables numéricas, que tal como se expone en el Anexo 1, estas variables cambian dependiendo el contrato consultado.

Por su parte, la variable “objeto de contratos” a pesar de haber obtenido 130 resultados de 130 posibles, es una variable categórica que siempre tiene una respuesta dividida por niveles, como se evidencia en la Figura 26 del Anexo 3. En esta se observa como el objeto de contratos para acreditar experiencia en las licitaciones, fue predominantemente la construcción o mejora de vías en pavimento rígido o flexible con el 41,54% de los casos, permitiendo como experiencia una gran variedad de tipos de vías.

Del mismo modo para los factores ponderables se realizó un diagrama de barras general para las 46 variables y un gráfico de torta para las variables de tipo categórico con más de dos niveles. De los factores ponderables solo 6 variables fueron descartas, debido a que presentaban un solo caso en 130 contratos o casos nulos. El caso de la variable “puntaje del factor precio”, “puntaje técnico-calidad”, “puntaje apoyo industria nacional”, “puntaje otros factores ponderables” y “puntaje total”, se trata de variables que se presentan en el 100% de los casos, pero son variables numéricas que cambian dependiendo el contrato consultado, tal como se evidencia en el Anexo 1.

Mientras que las variables “método de asignación de fórmulas” y “mayor relevancia de puntaje”, corresponden a variables categóricas que siempre tiene una respuesta dividida por niveles, como se expone en la Figura 29 y Figura 30 del Anexo 3. De estas se obtiene que en el 52,31% de la muestra el factor precio fue ponderado bajo un único criterio de selección preestablecido y en el 68,46% el factor precio fue el factor ponderable de mayor peso o puntaje dentro de los procesos de selección.

Posteriormente para el análisis de correlaciones de variables numéricas explicado en la metodología, se utilizó nuevamente el programa computacional SPSS, donde se generó la matriz de correlaciones de Spearman que se observa en el Anexo 4.

Se identificaron 6 correlaciones de la matriz. Tres correlaciones perfectas y tres correlaciones fuertes. Las correlaciones de Spearman identificadas se pueden observar en la Tabla 16. Las variables de la columna “Variable correlacionada” fueron retiradas del listado definitivo que se generó posteriormente de variables para las siguientes etapas de la investigación, pues el análisis para sus respectivas “variables de referencia” en la tabla, reflejarán el mismo resultado para ellas.

Tabla 16.

Correlaciones identificadas de la matriz de Spearman.

Variable de Referencia (Cód. Variable)	Variable Correlacionada (Cód. Variable)	Coefficiente Correlación	Tipo de Correlación
Valor inicial del contrato (CAR 9)	Valor final del contrato (CAR 11)	0,982	Correlación perfecta positiva
Valor inicial del contrato (CAR 9)	Valor licitación (CAR 15)	0,999	Correlación perfecta positiva
Valor final del contrato (CAR 11)	Valor licitación (CAR 15)	0,982	Correlación perfecta positiva
Plazo total de proceso de selección (CAR 18)	Plazo de desarrollo de la licitación (CAR 21)	0,924	Correlación fuerte positiva
Rentabilidad del patrimonio (FIN 6)	Rentabilidad del activo (FIN 7)	0,851	Correlación fuerte positiva
Puntaje del factor precio (PON 8)	Puntaje factor técnico- calidad (PON 10)	-0,852	Correlación fuerte negativa

Nota. Los códigos hacen referencia a características del proceso de contratación (CAR), criterios financieros (FIN) y factores ponderables (PON).

Estos resultados son lógicos debido a que el valor inicial, final y de licitación tienden a tener el mismo comportamiento entre ellos, lo que hace que la correlación obtenida tenga sentido. Lo mismo sucede para el caso del plazo total del proceso de selección y el de licitación o las rentabilidades del patrimonio y el activo.

Es interesante el caso del puntaje del factor precio, pues posee una relación inversamente proporcional al puntaje técnico-calidad, lo que es lógico también, pues en la práctica si aumenta uno, el otro debe disminuir necesariamente.

Por último, en el Anexo 5 se observa el coeficiente de variación calculado de las 29 variables. La única variable con un coeficiente menor al 10% fue la variable “valor de la garantía de seriedad”, que corresponde al valor del importe asegurado en la garantía de seriedad de la oferta. Esta variable obtuvo un coeficiente de variación de 0,00%. Resultado lógico pues es una variable en la que, en los 130 casos de la muestra, reportó siempre el mismo valor (10% sobre el PBL). Esta variable ya había sido descartada previamente en el análisis de variabilidad realizado.

Conforme al trabajo realizado, el listado de variables paso de 136 variables a 105, de las cuales 23 son de tipo numérico y 82 son categóricas. El listado definitivo de variables se observa en la Tabla 17.

Tabla 17.

Listado definitivo de variables para la investigación.

Variable	Cód. Variable
Año de firma del contrato	CAR.1
Promotor	CAR.2
Tipo de proyecto	CAR.3
Región de Colombia	CAR.4
Contratista	CAR.5
Miembros	CAR.6
Resultado de ejecución	CAR.7
Tipo de desviación	CAR.8
Valor inicial del contrato	CAR.9
Plazo inicial del contrato	CAR.10
Plazo final del contrato	CAR.12
Desviación en coste	CAR.13
Desviación en tiempo	CAR.14
Porcentaje de baja	CAR.16
Número de participantes en proceso	CAR.17
Plazo total de proceso de selección	CAR.18
Plazo para la presentación de ofertas	CAR.19
Plazo de evaluación de ofertas	CAR.20
Aumento de cantidades	C1
Adición de ítems no previstos	C2
Modificación al alcance del contrato	C3
Inclemencias meteorológicas	C4
Modificación a diseños iniciales	C5
Falta de diseños definitivos y/o terminados	C7
Falta de experiencia	C11
Deficiente gestión de recursos	C12
Deficiente gestión del tiempo y cronograma	C18
Deficiente gestión del sitio de trabajo	C19
Deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos	C21
Avala la propuesta	JU. 2
Garantía de seriedad (plazo)	JU. 8

Variable	Cód. Variable
Certificado obligaciones parafiscales	JU. 9
Compromisos anticorrupción o transparencia	JU. 10
Boletín procuraduría, contraloría y policía	JU. 11
Cédula de ciudadanía de participante	JU. 12
RUT	JU. 13
Otros jurídicos (documentos acreditativos de constitución y de la empresa)	JU. 14.1
Otros jurídicos (certificado de cumplimiento ante entes de control)	JU. 14.2
Otros jurídicos (acuerdo de compromiso con el promotor)	JU. 14.3
Otros jurídicos (recibo de pago de garantía de seriedad)	JU. 14.4
Otros jurídicos (plan de manejo ambiental paga)	JU. 14.5
Otros jurídicos (idoneidad moral en RUP)	JU. 14.6
Índice de liquidez	FIN. 1
Índice de endeudamiento	FIN. 2
Razón de cobertura de intereses	FIN. 3
Patrimonio	FIN. 4
Capital de trabajo	FIN. 5
Rentabilidad del patrimonio	FIN. 6
Carta cupo bancario	FIN. 8
Capacidad residual	TEC. 1
Experiencia en SMMLV mínima	TEC. 2
Objeto contratos	TEC. 3
Número mínimo de contratos para acreditar	TEC. 4
Experiencia requerida por contrato (% sobre licitación)	TEC. 5
Experiencia adicional	TEC. 6
Personal mínimo	TEC. 7
Maquinaria mínima	TEC. 8
Otros requerimientos (programa de obra)	TEC. 9.1
Otros requerimientos (plan de calidad)	TEC. 9.2
Otros requerimientos (plan de manejo ambiental PAGA)	TEC. 9.3
Otros requerimientos (programa de trabajo y ejecución)	TEC. 9.6
Otros requerimientos (programa de inversiones)	TEC. 9.7
Otros requerimientos (análisis de precios unitarios APU's)	TEC. 9.8
Otros requerimientos (descomposición del AIU)	TEC. 9.9
Otros requerimientos (años acreditados de experiencia desde la constitución del proponente)	TEC. 9.10
Otros requerimientos (permisos ambientales y/o mineros y/o calidad de materiales y/o canteras y/o municipales)	TEC. 9.11
Factor precio	PON. 1
Formula media geométrica con presupuesto oficial	PON. 3
Formula media aritmética alta	PON. 4

Variable	Cód. Variable
Formula media aritmética baja	PON. 5
Formula de menor valor	PON. 6
Método de asignación de fórmulas	PON. 7
Puntaje del factor precio	PON. 8
Factor técnico-calidad	PON. 9
Programa de obra	PON. 9.1
Plan de calidad	PON. 9.2
Plan de seguridad y salud	PON. 9.3
Plan de manejo ambiental PAGA	PON. 9.4
Programa de trabajo y ejecución	PON. 9.6
Programa de inversiones	PON. 9.7
Análisis de precios unitarios APU's	PON. 9.8
Descomposición del AIU	PON. 9.9
Presentar experiencia adicional de personal	PON. 9.10
Presentar maquinaria/equipos/herramientas adicionales	PON. 9.11
No presentar multas o infracciones ambientales	PON. 9.12
Acreditar contratos ejecutados adicionales	PON. 9.13
Carta de ofrecimiento de ejecución de obra adicional	PON. 9.14
Carta de asunción de riesgos y personal de dirección facultativa	PON. 9.15
Carta firmada de ofrecimiento de instaurar programa de gerencia de proyectos	PON. 9.16
Puntaje apoyo a la industria nacional	PON. 11
Otros factores ponderables	PON. 12.1
Solicitud de Anticipo	PON. 12.2
Facturación anual	PON. 12.4
Desviación de APU's	PON. 12.5
Acreditar vínculo laboral con personal local de la obra	PON. 12.6
Compromiso de generación de empleo local de la obra	PON. 12.7
Evaluación económica con fórmulas de ítems representativos del presupuesto	PON. 12.8
Cumplimiento de la experiencia técnica requerida	PON. 12.9
Idoneidad moral	PON. 12.11
Listado de materiales	PON. 12.12
No poseer multas y/o infracciones ambientales	PON. 12.14
Tabla de rendimiento de equipos y actividades	PON. 12.15
Puntaje de otros factores ponderables	PON. 12.17
Puntaje total	PON. 13
Mayor relevancia de Puntaje	PON. 14

Nota. Los códigos hacen referencia a características del proceso de contratación (CAR), causas de desviaciones (C), criterios jurídicos (JU), financieros (FIN), técnicos (TEC) y factores ponderables (PON).

5.3. ¿Cuáles son las causas principales que producen incrementos en el precio y plazo final?

Para responder a la pregunta 1, donde se cuestiona las principales causas de incrementos en el precio y plazo final, se procedió a analizar los resultados del método bivariado utilizado entre las variables de desviaciones con las variables de causas.

Empezando por las causas de sobrecoste se tiene que las causas con mayor número de casos corresponden a aumento en cantidades (C1), adición de ítems no previstos (C2) y deficiente gestión del presupuesto y recursos económicos (C21) con 22, 18 y 14 casos reportados en total respectivamente, a partir de las gráficas de frecuencias de la Figura 18 y Figura 20 del Anexo 3.

Utilizando la herramienta computacional SPSS se realizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson a las variables mencionadas, con el fin de evaluar si existe o no asociación entre ellas y la variable desviación en coste. Si se obtiene un P-value menor a 0,05, existe asociación (Field, 2009). Al verificar las tres variables se obtuvo un P-value menor a 0,05, por tanto, fue posible realizar la tabla de contingencia y estudiar la relación bivariada entre las variables.

Una tabla de contingencia por cada interacción de las variables con la desviación en coste fue realizada, para la variable “aumento en cantidades”, “adición de ítems no previstos” y “deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos” se presenta la Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20 respectivamente.

Tabla 18.

Tabla de contingencias entre la variable desviación en coste y aumento en cantidades.

Tabla contingencias			Desviación en coste		Total
			No	Si	
Aumento en cantidades (no imputable)	No	Recuento	22	29	51
		% del total	43,1%	56,9%	100,0%
	Sí	Recuento	1	21	22
		% del total	4,5%	95,5%	100,0%
Total		Recuento	23	50	73
		% del total	31,5%	68,5%	100,0%

Prueba de Chi-cuadrado de Pearson: P-value (0,001<0,05) -> Existe asociación

Tabla 19.

Tabla de contingencias entre la variable desviación en coste y adición ítems no previstos.

Tabla contingencias			Desviación en coste		Total
			No	Si	
Adición de ítems no previstos (no imputable)	No	Recuento	21	34	55
		% del total	38,2%	61,8%	100,0%
	Sí	Recuento	2	16	18
		% del total	11,1%	88,9%	100,0%
Total	Recuento	23	50	73	
	% del total	31,5%	68,5%	100,0%	

Prueba de Chi-cuadrado de Pearson: P-value (0,032<0,05) -> Existe asociación

Tabla 20.

Tabla de contingencias entre la variable desviación en coste y deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos.

Tabla contingencias			Desviación en coste		Total
			No	Si	
Deficiente gestión del presupuesto y recursos económicos	No	Recuento	23	36	59
		% del total	39,0%	61,0%	100,0%
	Sí	Recuento	0	14	14
		% del total	0,0%	100,0%	100,0%
Total	Recuento	23	50	73	
	% del total	31,5%	68,5%	100,0%	

Prueba de Chi-cuadrado de Pearson: P-value (0,005<0,05) -> Existe asociación

A partir del análisis bivariado y las tablas de contingencia para los casos de sobrecoste, se tiene que las tres variables poseen asociación directa con la ocurrencia de la desviación en coste. En donde, para el caso de la variable “aumento en cantidades” con 22 casos reportados, en el 95,5% de ellos se presentó un sobrecoste.

Por otro lado, la variable “adición ítems no previstos” con 18 casos reportados, presenta que en el 88,9% de ellos ocurrió un incremento al coste inicial de las obras. Mientras que, en el 100% de los casos reportados de la variable “deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos”, siempre ocurrió la desviación.

Las primeras dos variables se tratan de causas no imputables al actuar del contratista y en ambos casos están sujetos al factor imprevisto por incongruencias entre el proyecto técnico y la realidad o a modificaciones en el alcance de los contratos, según la definición de variables previamente determinada. Por esta razón, cuando alguna de esas dos causas se presenta es esperable que ocurra un sobrecoste a la obra.

Sin embargo, es interesante analizar que cuando se presente la variable “aumento en cantidades” o “adición ítems no previstos”, a pesar de que lo esperable sea que un alto porcentaje de los casos de vías terciarias presente desviación en coste, esto no siempre es así. Siendo más frecuente “aumento en cantidades” que “adición ítems no previstos”, ninguno de los dos ocurrió en el 100% de los casos, por tanto, existen eventos en los que la causa aparezca y no se genere el sobrecoste.

Lo anterior es lógico, debido a que cuando se realiza una modificación de obra por ajuste de cantidades en Colombia, se hace a través del acta de modificación de cantidades de obra, donde se realiza el balance de sumas y restas de cantidades y la inclusión de partidas no previstas o exclusión de partidas contractuales (INVIAS, 2016). Esto quiere decir que cuando se modifican las cantidades de una obra, existen cantidades que aumentan y otras que disminuyen, al mismo tiempo que se incluyen nuevas partidas o se eliminan algunas ya contractuales.

Con esto se llega a que, a pesar de presentarse la variable “aumento en cantidades” o “adición ítems no previstos” en vías terciarias como unas de las principales causas que motiven las desviaciones en coste, debe estudiarse la magnitud y condiciones en las que ocurren dichas causas, pues existen casos en los que se presentó la causa en magnitud y condiciones que no ameritaron la adición de recursos económicos a los contratos.

El caso de la variable “deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos” es diferente pues se presentó en el 100% de los casos una desviación en coste. Esta es una variable imputable al contratista, ya que, por subestimación, estimaciones erróneas o desactualizadas de los costes reales de obra, el constructor fue incapaz de cumplir con el presupuesto contractual, según la definición de variables previamente determinada. Por tanto, siempre que ocurra un error de este tipo por parte del contratista, se requerirá de la adición de recursos económicos al contrato para cumplir con el objeto establecido.

Esto es muy lógico, debido a que, si un oferente comete errores a la hora de ofertar precios durante un proceso de selección, cuando sea contratista de obra se dará cuenta que, con los precios contractuales multiplicados por las cantidades a ejecutar versus el coste real de ejecutar cada partida de obra, los recursos económicos no darán abasto para cumplir con el proyecto encomendado, a menos que esté dispuesto terminar la obra a su propio coste. Por tanto, un comportamiento lógico de cualquier contratista sería acudir al promotor para el apoyo económico faltante para terminar con el contrato.

Este modo de pensar de los contratistas se corrobora al verificar la tabla de contingencias de la variable “deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos”, donde en el 100% de los casos donde ocurrió la causa ocurrió la desviación, por tanto, ninguno de esos contratistas al presentarse la causa terminaron las obras a su propio coste y riesgo.

Paso seguido, el mismo procedimiento para las causas de retraso. Esta vez las causas con mayor número de casos fueron deficiente gestión del tiempo y cronograma (C18), inclemencias meteorológicas (C4), aumento de cantidades (C1) y deficiente gestión de recursos (C12), con 18, 17, 22 y 12 casos reportados en total respectivamente. Lo anterior en concordancia con las gráficas de frecuencias Figura 19 y Figura 20 del Anexo 3.

Nuevamente se realizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson a las variables en cuestión con ayuda del programa SPSS, obteniendo que en todos los casos existe asociación con un P-value menor a 0,05. Con esta verificación, se procedió a generar las tablas de contingencia entre la variable desviación en plazo y las variables “deficiente gestión del tiempo y cronograma”, “inclemencias meteorológicas”, “aumento de cantidades” y “deficiente gestión de recursos”. Los correspondientes análisis bivariados se observan en la Tabla 21, Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24 respectivamente.

Tabla 21.

Tabla de contingencias entre la variable “desviación en plazo” y “deficiente gestión del tiempo y cronograma”.

Tabla contingencias			Desviación en plazo		Total
			No	Si	
Deficiente gestión del tiempo y cronograma (imputable)	No	Recuento	17	38	55
		% del total	30,9%	69,1%	100,0%
	Sí	Recuento	0	18	18
		% del total	0,0%	100,0%	100,0%
Total		Recuento	17	56	73
		% del total	23,3%	76,7%	100,0%

Prueba de Chi-cuadrado de Pearson: P-value (0,007<0,05) -> Existe asociación

Tabla 22.

Tabla de contingencias entre la “desviación en plazo” y “inclemencias meteorológicas”.

Tabla contingencias			Desviación en plazo		Total
			No	Si	
Inclemencias meteorológicas (no imputable)	No	Recuento	17	39	56
		% del total	30,4%	69,6%	100,0%
	Sí	Recuento	0	17	17
		% del total	0,0%	100,0%	100,0%
Total		Recuento	17	56	73
		% del total	23,3%	76,7%	100,0%

Prueba de Chi-cuadrado de Pearson: P-value (0,009<0,05) -> Existe asociación

Tabla 23.

Tabla de contingencias entre la “desviación en plazo” y “aumento de cantidades”.

Tabla contingencias		Desviación en plazo		Total	
		No	Si		
Aumento en cantidades (no imputable)	No	Recuento	8	43	51
		% del total	15,7%	84,3%	100,0%
	Sí	Recuento	9	13	22
		% del total	40,9%	59,1%	100,0%
Total		Recuento	17	56	73
		% del total	23,3%	76,7%	100,0%

Prueba de Chi-cuadrado de Pearson: P-value (0,019<0,05) -> Existe asociación

Tabla 24.

Tabla de contingencias entre la “desviación en plazo” y “deficiente gestión de recursos”.

Tabla contingencias		Desviación en plazo		Total	
		No	Si		
Deficiente gestión de recursos (imputable)	No	Recuento	17	44	61
		% del total	27,9%	72,1%	100,0%
	Sí	Recuento	0	12	12
		% del total	0,0%	100,0%	100,0%
Total		Recuento	17	56	73
		% del total	23,3%	76,7%	100,0%

Prueba de Chi-cuadrado de Pearson: P-value (0,037<0,05) -> Existe asociación

Según las tablas de contingencias generadas para el análisis bivariado para los casos de retraso, se encontró que las cuatro causas poseen asociación directa con la ocurrencia de desviaciones en plazo. En el caso de la variable “deficiente gestión del tiempo y cronograma” de 18 casos reportados, en el 100% de ellos ocurrió un retraso de obra.

La variable “inclemencias meteorológicas” por su lado también presentó en el 100% de sus 17 casos reportados una desviación en el plazo inicialmente pactado. Mientras que la variable “aumento en cantidades” con 22 casos reportados, en el 59,1% de ellos presentó un retraso. Por último, la variable “deficiente gestión de recursos” con 12 casos, al igual que las dos primeras, presentó en el 100% de sus casos un incremento al plazo de obra.

La variable “deficiente gestión del tiempo y cronograma” se trata de una variable imputable al actuar del contratista, donde por errores o subestimaciones en las programaciones de obra, el constructor no pudo cumplir el objeto contratado dentro del plazo estipulado, según la definición inicialmente determinada. Por tanto, siempre que se comenta este tipo de error en la programación de obra, se esperará como resultado la necesidad de adición de tiempo al plazo inicial pactado.

Al igual que el análisis de la causa “deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos”, en el caso de la “deficiente gestión del tiempo y cronograma”, el resultado es lógico también. Esto se debe a que cuando un oferente se presenta en un proceso de selección es porque, entre muchos aspectos, es consciente y estima que con sus medios es capaz de cumplir con el plazo solicitado en los pliegos de condiciones para cumplir el objeto contractual. Pero si esta estimación es errónea, claramente cuando sea contratista de obra se verá en la situación obligada de solicitar más plazo, o asumir un mayor coste de obra y reducción de calidad para terminar a tiempo, lo que en rara ocasión sucede, y se comprueba al verificar en la tabla de contingencias, donde en el 100% de los casos al presentarse la causa, se presentó el retraso.

El caso de la variable “inclemencias meteorológicas” se trata de una causa no imputable al contratista y se trata de un resultado muy interesante de analizar. Consiste en cualquier tipo de adversidad climática que dificulte o no permita la ejecución de las obras en condiciones normales, según la definición determinada. Tratándose de vías rurales en Colombia, es muy común que la lluvia sea una de estas adversidades que provoque parones de obra, desembocando en la desviación en plazo.

Sin embargo, lo que es interesante de analizar es que, según la tabla de contingencias el 100% de los casos en los que se presentaron inclemencias meteorológicas ocurrió un retraso, a sabiendas que en la realidad cuando se presentan estas adversidades de forma puntual y poco repetitiva, de modo que no se afecte el normal desarrollo de la obra no se terminará adicionando plazo. Mientras que cuando estas adversidades ocurren de forma prolongada, frecuente y repetitiva, provocando parones extensos en la ejecución de las obras, si ocurrirá la desviación en plazo.

Por tanto, el resultado que se observa en la tabla de contingencias corresponde a los casos en los que las inclemencias meteorológicas ocurren con una intensidad de tal magnitud, donde siempre ocurrirá un retraso en las obras. La pregunta pendiente de responder será determinar el punto en el que la magnitud de esta adversidad pasa de ser casos puntuales irrelevantes a demandar adiciones de plazo. Este tema se plantea posteriormente en mayor profundidad en las limitaciones de la investigación.

La variable “aumento en cantidades”, anteriormente trabajada, nuevamente hace su aparición provocando esta vez retrasos. Lo que tiene sentido, pues es una causa que no depende del contratista, sino por el contrario del factor imprevisto que previamente se explicó. Por tanto, cuando en un proyecto vial se presenta una mayor cantidad de obra por ejecutar en campo o se adiciona mayor cantidad de obra en modificaciones del alcance, la consecuencia directa será la necesidad de una mayor inversión de tiempo para ello.

Claramente, al igual que en el caso de los sobrecostos, el 59,1% de los casos en los que se representó la causa ocurrió un retraso, por tanto, existen eventos en los que ocurre la causa sin que necesariamente ocurra la desviación. Esto se justifica de la misma manera, donde al modificar cantidades de obra, cantidades bajarán y otras aumentarán, consiguiendo el balance necesario en el plazo para no aumentarlo.

La variable “aumento en cantidades” para las vías terciarias es una de las principales causas que provocan desviaciones en tiempo, sin embargo, debe estudiarse la magnitud y condiciones en las que ocurre, debido a que existen casos en los que se presentó la causa sin que necesariamente ameritara la adición de plazo a los contratos.

Por última, la variable “deficiente gestión de recursos” se trata de una causa imputable al contratista, donde por falta de materiales, maquinaria, equipos o personal en cantidad y calidad suficiente para abastecer las obras, terminan ocurriendo retrasos, según la definición inicialmente determinada. Tiene sentido pues muchas vías terciarias en Colombia se ubican en zonas de difícil acceso en el campo o hasta en zonas donde hubo conflicto, por tanto, que exista una mayor dificultad en conseguir recursos en comparación a construir en un centro urbano, es una realidad. Sin embargo, cuando un oferente decide participar de un proceso de selección es porque conoce y acepta el sitio de trabajo estipulado en el objeto de obra, por tanto, se asume que es capaz por sus medios de poner los recursos necesarios.

Según lo expuesto en la tabla de contingencias, siempre que se presente un contratista de obra que haya aceptado trabajar en un sitio de difícil acceso de recursos y no cuente con los medios para asegurar abastecer las obras adecuadamente, habrá desviaciones en el plazo. Al igual que para la causa “deficiente gestión del tiempo y cronograma”, una solución a esto es que el contratista invierta mayor recurso económico para traer los recursos necesarios desde sitios más lejanos y cumplir con el plazo pactado, pero en los mismos resultados se evidenció que esto no sucede.

Con esto quedaría respondida la pregunta 1 de la investigación. Un resumen de los resultados obtenidos para identificar las principales causas de incrementos en el precio y el plazo final en contratos de vías terciarias en Colombia se observa en la Tabla 25.

Tabla 25.

Principales causas de desviaciones en coste y plazo de vías terciarias en Colombia.

Tipo desviación		Principales causas asociadas		
En coste	Aumento de cantidades	Adición de ítems no previstos	Deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos	
	P-Value 0,001<0,05 95,5% de casos No imputable	P-Value 0,032<0,05 88,9% de casos No imputable	P-Value 0,005<0,05 100% de casos Imputable	
En plazo	Deficiente gestión del tiempo y cronograma	Inclemencias meteorológicas	Aumento de cantidades	Deficiente gestión de recursos
	P-Value 0,007<0,05 100% de casos Imputable	P-Value 0,009<0,05 100% de casos No imputable	P-Value 0,019<0,05 59,1% de casos No imputable	P-Value 0,037<0,05 100% de casos Imputable

A manera de comprobación se realizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson en busca de asociación entre la variable desviación en coste y plazo con las demás variables con menor número de casos registrados. En el caso del sobrecoste a partir de la variable “modificación del alcance del contrato” y “deficiente gestión de recursos”, y el retraso a partir de la variable “adición de ítems no previstos” y “deficiente gestión del sitio de trabajo” de acuerdo a la información de las gráficas de contingencia. Con ayuda del programa SPSS se obtuvo los valores P-value, todos mayores a 0,05. Por tanto, no existe asociación entre variables para generar tablas contingencia, confirmando la elección de las 6 variables previamente analizadas.

5.4. ¿Qué relación existe entre las causas de desviación en coste y las causas de desviación en tiempo?

La pregunta 2 busca indagar dentro de los resultados de la pregunta anterior, la existencia de alguna relación entre las causas que motivan desviaciones en coste con las que provocan desviaciones en plazo. La respuesta directa a esto se obtiene analizando la Tabla 25, donde sombreado en color verde se observa la relación más directa.

Se encuentra entonces que la variable “aumento en cantidades” es un motivante común que provoca tanto sobrecostes como retrasos. Analizando más a fondo se generó la Tabla 26, donde se observa la distribución de los casos en los que ocurrió un aumento de cantidades en los dos tipos de desviaciones. Se tiene tres posibles opciones, casos en los que por la ocurrencia de la variable “aumento en cantidades” se provocó solo sobrecoste, solo retraso o ambos de forma simultánea.

Tabla 26.

Distribución de los casos con aumento de cantidades en ambos tipos de desviaciones.

Total casos reportados	22	100%
Casos totales con sobrecoste	21	95,50%
Casos totales con retraso	13	59,10%
Casos solo con sobrecoste	9	40,90%
Casos solo con retraso	1	4,56%
Casos con sobrecoste y retraso	12	54,54%

Analizando la tabla se llega a que cuando ocurre un aumento de cantidades es más común que se presente un aumento tanto en el coste como en el plazo, a que ocurra solo una de las dos. Sin embargo, sí que es más esperable que cuando se presente la causa se provoque más un sobrecoste que un retraso.

Esto quiere decir que cuando se requiere realizar modificaciones en cantidades por imprevistos o cambios en el alcance de las obras de vías terciarias en Colombia, el balance de sumas y restas realizado tenderá con mayor frecuencia a requerir de una mayor cantidad de recursos económicos, sobre ampliaciones de plazo, para cumplir con el objeto contractual bajo las modificaciones realizadas. Siendo lo más frecuente que ocurran ambos tipos de ampliaciones de forma simultánea.

Por último, cabe mencionar que por lo general cuando se suscribe un acta de modificación de obra en Colombia para la inclusión de partidas de obra no previstas, se tiende a requerir de un aumento en cantidades. Esto se observa en la tabla de contingencias de la Tabla 27, donde ambas variables demuestran tener asociación bajo la prueba Chi-cuadrado con un P-value menor a 0,05.

Es válido analizar que cuando ocurre un aumento en cantidades no es necesariamente esperable que ocurra una adición de ítems no previstos, mientras que al contrario sí, cuando se presenta una adición de ítems no previstos, es más frecuente que se presente también un aumento de cantidades en vías terciarias en Colombia, lo que se refleja en la realidad también. Análisis similares se intentó realizar para las demás casusas principales de desviaciones, encontrando que no existían más asociaciones.

Tabla 27.

Tabla de contingencias entre la variable “aumento en cantidades” y “adición de ítems no previstos”.

Tabla contingencias		Adición de ítems no previstos		Total	
		No	Si		
Aumento en cantidades	No	Recuento	44	7	51
		% del total	60,3%	9,6%	69,9%
	Sí	Recuento	11	11	22
		% del total	15,1%	15,1%	30,1%
Total		Recuento	55	18	73
		% del total	75,3%	24,7%	100,0%

Prueba de Chi-cuadrado de Pearson: P-value (0,001<0,05) -> Existe asociación

5.5. ¿Qué variables del proceso de contratación influyen significativamente en el incremento del precio y plazo?

Finalmente es momento se proceder a analizar los métodos estadísticos multivariados desarrollados para la resolución de la pregunta 3. En esta pregunta se busca identificar cuáles son las variables involucradas en el proceso de contratación que más influyen en la generación de incrementos sobre el coste y plazo de las vías terciarias en Colombia. Se analizará cada tipo de desviación conforme a los resultados obtenidos para los cinco subgrupos de análisis (características del proceso de contratación, requisitos habilitantes jurídicos, financieros, técnicos y ponderables).

Se estableció como variable dependiente la variable “tipo de desviación”, la cual posee cuatro niveles (sin desviaciones, sobrecostes, retrasos y ambas), esto para estudiar de forma conjunta la interacción de ambos tipos de desviaciones con todas las variables del proceso de contratación. Esto permitió distinguir los resultados de los casos en los que ocurre un sobrecoste o un retraso por aparte, de los casos en los que ocurren ambos tipos de desviaciones de forma simultánea.

Empezando por el análisis de las desviaciones en coste, se realizó una transformación de la variable dependiente de cuatro niveles a tres. Para ello los casos sin desviaciones y retrasos, desde el punto de vista de las desviaciones en coste, son un solo nivel (No ocurrió desviación en coste). Siendo así la variable “tipo de desviación” pasó a tener tres niveles: no aplica, sobrecostes y ambos tipos de desviaciones.

Paso seguido se definió como categoría de referencia de la variable dependiente a su primer nivel (no aplica). Con esto los resultados que proyecte el análisis estadístico se interpretarán como aquellos en los que existe una desviación en coste, permitiendo distinguir los casos en los que puramente ocurre un sobrecoste u ocurre un sobrecoste y un retraso simultaneo.

Las variables independientes son las 91 variables que conforman los cinco subgrupos a analizar. Estos subgrupos son características del proceso de contratación, requisitos habilitantes jurídicos, financieros, técnicos y factores de ponderación. En ese mismo orden fueron analizados bajo el procedimiento que se expone a continuación.

La revisión del ajuste del modelo mediante la prueba de la Pseudo R-cuadrada por los métodos Cox y Snell, Nagelkerke y McFadden con ayuda del programa SPSS, obtuvo que para los cinco subgrupos de variables se explica de forma satisfactoria la variación de la variable dependiente. Los resultados se observan en la Tabla 28.

Tabla 28.

Prueba pseudo R-cuadrada de la regresión logística de con los casos de sobrecoste.

Subgrupo de variable independiente	Cox y Snell	Nagelkerke	McFadden	% de explicación de variable dependiente
Características de la licitación	0,868	0,916	0,901	91,61%
Criterios jurídicos	0,930	1,000	1,000	100,00%
Criterios financieros	0,604	0,643	0,625	64,28%
Criterios técnicos	0,689	0,733	0,710	73,34%
Criterios ponderables	0,640	0,643	0,595	64,32%

A partir de este momento se generó los modelos de regresión logística multinomial para los cinco subgrupos con ayuda del programa computacional SPSS. Las tablas de estimaciones de parámetro con los resultados obtenidos para las características del proceso de contratación, requisitos habilitantes jurídicos, financieros, técnicos y factores de ponderación se observan en la Tabla 29, Tabla 30, Tabla 31, Tabla 32 y Tabla 33 respectivamente. Cabe aclarar que estas tablas son una abstracción de las tablas resultantes dentro del SPSS, debido a que el tamaño de las tablas era desproporcionado por la cantidad de variables. Por esta razón, solo se expone a continuación los resultados realmente significativos de cada una.

Tabla 29.

Regresión logística multinomial de las características del proceso de contratación y el sobre coste.

		Estimaciones de parámetro				
Tipo de desviación coste ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en coste	Ninguna variable independiente es significativa					
Desviación en coste y tiempo	Plazo total de proceso de selección	-0,623	4,041	1	0,044	0,537
a. La categoría de referencia es: no aplica.						

Tabla 30.

Regresión logística multinomial de los requisitos habilitantes jurídicos y el sobre coste.

		Estimaciones de parámetro				
Tipo de desviación coste ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en coste	Garantía de seriedad	-0,051	4,891	1	0,027	0,950
Desviación en coste y tiempo	Ninguna variable independiente es significativa					
a. La categoría de referencia es: no aplica.						

Tabla 31.
Regresión logística multinominal de los requisitos habilitantes financieros y el sobrecoste.

		Estimaciones de parámetro				
Tipo de desviación coste ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en coste	Ninguna variable independiente es significativa					
Desviación en coste y tiempo	[Carta cupo bancario =0]	-2,797	4,458	1	0,035	0,061
	[Carta cupo bancario =1]	0 ^b		0		
a. La categoría de referencia es: no aplica.						
b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.						

Tabla 32.
Regresión logística multinominal de los requisitos habilitantes técnicos y el sobrecoste.

		Estimaciones de parámetro				
Tipo de desviación coste ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en coste	[Programa de obra=0]	-2,976	4,539	1	0,033	0,051
	[Programa de obra=1]	0 ^b		0		
Desviación en coste y tiempo	Ninguna variable independiente es significativa					
a. La categoría de referencia es: no aplica.						
b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.						

Tabla 33.
Regresión logística multinominal de los factores ponderables y el sobrecoste.

		Estimaciones de parámetro				
Tipo de desviación coste ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en coste	[Programa de inversiones=0]	-3,817	5,182	1	0,023	0,022
	[Programa de inversiones=1]	0 ^b		0		
	[Análisis de precios unitarios =0]	-2,688	5,947	1	0,015	0,068
	[Análisis de precios unitarios =1]	0 ^b		0		
	[Carta de ofrecimiento de ejecución de obra adicional=0]	0,004	4,003	1	0,045	1,004

		Estimaciones de parámetro				
Tipo de desviación coste ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
	[Carta de ofrecimiento de ejecución de obra adicional=1]	0 ^b		0		
Desviación en coste y tiempo	[Plan de calidad=0]	-2,172	2,925	1	0,042	0,114
	[Plan de calidad=1]	0 ^b		0		
	[Experiencia adicional de personal=0]	-1,546	3,993	1	0,038	0,213
	[Experiencia adicional de personal=1]	0 ^b		0		
a. La categoría de referencia es: no aplica.						
b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.						

Para las desviaciones en coste, se tiene que para las características del proceso de contratación en cuyo modelo de regresión logística multinomial se puede decir que ninguna de las variables del subgrupo se ajusta de manera satisfactoria a los casos de sobrecostes puros. Mientras que cuando ocurren desviaciones en coste y plazo de forma simultánea, se tiene que a medida que aumenta el plazo total del proceso de selección (CAR 18), se tiene 0,537 veces menos de probabilidad de que ocurran las desviaciones.

Por tanto, entre mayor fue el plazo total del proceso de selección, menor será la probabilidad de que ocurran retrasos y sobrecostes en vías terciarias en Colombia. Esto quiere decir que entre mayor plazo tengan los oferentes para estudiar, entender y preparar una mejor oferta para la ejecución de una obra, en simultaneo que el comité evaluador tenga tiempo suficiente de revisar todas las propuestas y hacer una evaluación óptima de ellas, se esperará que menos errores al momento de licitar o evaluar ocurran y en consecuencia menos discrepancias entre lo ofertado y la realidad de las obras habrá, evitando desviaciones.

Es un resultado muy interesante, sin embargo, el alcance de la investigación no permite visualizar los motivantes o justificaciones que sustenten esta relación entre el plazo total del proceso de selección y las desviaciones, por tanto, la investigación se limita a realizar una interpretación de los resultados obtenidos, siendo un punto de partida muy interesante para futuras investigaciones.

Analizando los resultados expuestos en la regresión para los requisitos habilitantes jurídicos en relación con los sobrecostes, se obtiene que a medida que el plazo de la garantía de seriedad (JU 8) aumenta, se tiene 0,95 veces menos de probabilidad de que ocurra una desviación en coste. Esto quiere decir que entre mayor es el grado de compromiso y seriedad de un oferente al momento de presentar propuesta para un proceso licitatorio, menor probabilidad habrá de que ocurran sobrecostes.

Resultado lógico, pues la vigencia de la garantía de seriedad define por cuanto tiempo está dispuesto un oferente a mantener su propuesta vigente, por lo que entre mayor sea ese tiempo es porque el oferente confía en la propuesta que realiza y los soportes que posee para mantenerla.

Por otro lado, según la regresión logística en los casos en los que ocurren desviaciones en coste y tiempo de forma simultánea, ningún requisito habilitante jurídico obtuvo el nivel de significancia suficiente para ser un predictor sobre el comportamiento de las desviaciones.

La regresión logística de los requisitos habilitantes financieros no presentó ningún nivel de significancia dentro de las variables independientes analizadas que puedan predecir la ocurrencia o no de las desviaciones en coste. Sin embargo, la variable FIN 8 (carta de cupo bancario) fue significativa respecto a los casos de sobrecostes y retrasos simultáneos. Se encontró que a medida que se solicita una carta de cupo bancario a los oferentes de las licitaciones, es 16,39 veces menos probable que ocurran las desviaciones.

La carta de cupo bancario es un aval con un cupo pre-aprobado de inversión que otorgan las entidades bancarias a las personas naturales o jurídicas en función de la fiabilidad financiera que estas puedan demostrar a los bancos, según la definición determinada. Por tanto, entre mayor es esa solidez financiera o salud económica de las empresas, expresada en cupos bancarios más grandes, menor será la probabilidad de que ocurran sobrecostes y retrasos.

Algo con mucho sentido, debido a que entre mejor salud financiera tenga un contratista, tendrá un mejor músculo económico con el cual responder ante imprevistos y responsabilidades contractuales, reduciendo el margen a desviaciones en coste y tiempo.

En cuanto a los requisitos habilitantes técnicos, según la tabla de estimaciones de parámetro obtenida, cuando se solicita el programa de obra (TEC 9.1) como un requisito técnico para los oferentes, es 19,6 veces menos probable que ocurran sobrecostes. Mientras que ningún otro requisito técnico logró ser significativo para predecir desviaciones en coste y tiempo simultáneo.

Esto es verosímil con los fundamentos de la gestión de proyectos, siendo la planificación inicial uno de los pilares de este. Por tanto, solicitar a los oferentes antes de ser adjudicatarios de los contratos que hayan definido el calendario de ejecución de actividades de obra, permite visualizar la secuencia lógica en la que se ejecutarán los proyectos, previendo imprevistos y anticipando recursos. Esta serie de ventajas permite, según los resultados obtenidos, que solicitar un programa de obra como criterio técnico habilitante, reduzca la probabilidad de que ocurran desviaciones en el coste de las vías terciarias en Colombia.

Por último, los factores ponderables en relación con los sobrecostos, según la tabla de estimaciones de parámetro, ha resultado en varios factores significativos. Se obtuvo que solicitar un programa de inversiones (PON 9.7) y los análisis de precios unitarios (PON 9.8), reducen en 45,45 veces y 14,71 veces, respectivamente, la probabilidad de que ocurran desviaciones en costes. Por otro lado, solicitar una carta de ofrecimiento de ejecución de obra adicional (PON 9.14), resultó aumentar en 0,99 veces la probabilidad de que ocurran incrementos en el coste inicialmente contratado.

Mientras que para las desviaciones en coste y plazo simultaneo, se obtuvo que solicitar un plan de calidad (PON 9.2) y experiencia adicional del personal (9.10), disminuye en 8,77 veces y 4,69 veces la probabilidad de que ocurran las desviaciones.

Resultados muy interesantes fueron obtenidos. El programa de inversiones es el calendario de inversión de los recursos económicos del proyecto, según definición inicial determinada, que al igual que la variable “programa de obra” (también significativa), este es un tipo de requerimiento que le permite a los oferentes antes de ser adjudicatarios de obra conocer y prever la forma en la se invertirán los recursos económicos, dando margen de acción y control para el contratista. Esto desemboca en que solicitar un programa de inversiones (como factor de puntaje), permitirá adjudicar la obra a un contratista mejor preparado, lo que reducirá la probabilidad de que ocurran sobrecostos.

Del mismo modo, la descomposición de los precios unitarios en materiales, personal, maquinaria y transporte, según definición establecida, obliga a los oferentes a realizar un mejor detalle en los precios ofertados, visualizando de mejor manera todos los medios materiales que requieren para completar cada partida de obra. Solicitar los análisis de precios unitarios, como demostró la regresión logística, disminuye la probabilidad de que ocurran los incrementos en coste adicionales.

Por su parte, resulta ser contraproducente solicitar a los futuros contratistas de vías terciarias en Colombia que se comprometan, mediante documento expreso, a ejecutar obra adicional, pues esto solo aumenta la probabilidad de que ocurran los sobrecostos. Es un factor de puntaje que literalmente está comprometiendo a los contratistas a ejecutar mayor cantidad de obra al mismo precio contratado, una idea a priori ventajosa para el promotor, pero como se ha demostrado, termina por perjudicarlo, por el desfase económico que esto supone para los contratistas.

El plan de calidad, siendo un documento que busca definir acciones y procedimientos para asegurar la satisfacción de los trabajos realizados, supone la minimización de desperfectos de obra y reprocesos, que suponen usualmente un mayor coste y pérdidas de tiempo, y como resultó de la investigación, solicitar un plan de calidad mitiga este tipo de acciones y disminuye la probabilidad de que ocurran las desviaciones de ambos tipos.

Por su parte, solicitar experiencia adicional del personal supone un equipo de trabajo más experimentado, cuya práctica profesional permite ejecutar actividades de forma más eficaz y eficiente, en comparación a un personal más inexperto o nuevo. Donde según los resultados obtenidos, solicitar un personal más experimentado, también reduce las probabilidades de sobrecostes y retrasos.

Continuando con el análisis para la desviación en plazo, se mantuvo la variable dependiente “tipo de desviación” como previamente se había explicado. Aunque de igual manera que se hizo para el análisis de la desviación en coste, se transformó la variable “tipo de desviación” de cuatro niveles a tres. Esta vez los casos sin desviaciones y sobrecostes, desde el punto de vista de las desviaciones en plazo, funcionan como un solo nivel (No ocurrió ningún retraso). Para este segundo análisis la variable “tipo de desviación” pasó a tener tres niveles: no aplica, retrasos y ambos tipos de desviaciones.

Al igual que se hizo para el análisis de sobrecostes, esta vez la categoría de referencia de la variable dependiente fue el primer nivel (no aplica), con lo que los resultados que proyecte el análisis estadístico serán interpretados como aquellos en los que existió una desviación en plazo. Adicionalmente, con la ventaja de distinguir los casos en los que puramente ocurre un retraso de los casos en los que ocurre un retraso y un sobrecoste simultáneo.

Nuevamente las 91 variables de los 5 subgrupos trabajados para el análisis anterior conformaron las variables independientes dentro del modelo. Se analizaron en el mismo orden realizado en el caso de los sobrecostes. Definidas las variables para el modelo de regresión logística multinomial, se realizó la prueba de la Pseudo R-cuadrada por los métodos de Cox y Snell, Nagelkerke y McFadden con ayuda del programa SPSS. Se obtuvo que para los 5 subgrupos de variables los modelos se ajuntan satisfactoriamente, explicando en todos ellos la variación de la variable dependiente. Los resultados se observan en la Tabla 34.

Tabla 34.

Prueba pseudo R-cuadrada de la regresión logística de con los casos de retraso.

Subgrupo de variable independiente	Cox y Snell	Nagelkerke	McFadden	% de explicación de variable dependiente
Características de la licitación	0,863	0,896	0,811	89,64%
Criterios jurídicos	0,108	0,125	0,058	12,53%
Criterios financieros	0,577	0,607	0,600	60,67%
Criterios técnicos	0,075	0,091	0,049	9,06%
Criterios ponderables	0,604	0,688	0,660	68,80%

Con ayuda del programa computacional SPSS se generó los modelos de regresión logística multinomial para los cinco subgrupos de variables independientes. En la Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39 se observan las tablas de estimaciones de parámetro con los resultados obtenidos para las características del proceso de contratación, requisitos habilitantes jurídicos, financieros, técnicos y ponderables respectivamente.

Al igual que el caso anterior, estas tablas son una abstracción de las obtenidas en SPSS, debido al desproporcionado tamaño que tenían las tablas por la cantidad de variables y niveles, solo se expone los resultados realmente significativos a continuación.

Tabla 35.

Regresión logística multinomial de las características del proceso de contratación y el retraso.

		Estimaciones de parámetro				
Tipo de desviación tiempo ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en tiempo	Plazo total de proceso de selección	-0,624	7,511	1	0,006	0,536
	Plazo para la presentación de ofertas	-0,671	6,056	1	0,014	0,511
	Plazo de evaluación de ofertas	-1,532	6,910	1	0,009	0,216
Desviación en coste y tiempo	Plazo total de proceso de selección	-0,620	4,447	1	0,045	0,538
a. La categoría de referencia es: no aplica.						

Tabla 36.

Regresión logística multinomial de los requisitos habilitantes jurídicos y el retraso.

		Estimaciones de parámetro				
Tipo de desviación tiempo ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en tiempo	Ninguna variable independiente es significativa					
Desviación en coste y tiempo	Ninguna variable independiente es significativa					
a. La categoría de referencia es: no aplica.						

Tabla 37.

Regresión logística multinomial de los requisitos habilitantes financieros y el retraso.

Estimaciones de parámetro						
Tipo de desviación tiempo ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en tiempo	Ninguna variable independiente es significativa					
Desviación en coste y tiempo	[Carta cupo bancario =0]	-2,781	4,280	1	0,039	0,062
	[Carta cupo bancario =1]	0 ^b		0		
a. La categoría de referencia es: no aplica.						
b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.						

Tabla 38.

Regresión logística multinomial de los requisitos habilitantes técnicos y el retraso.

Estimaciones de parámetro						
Tipo de desviación tiempo ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en tiempo	Ninguna variable independiente es significativa					
Desviación en coste y tiempo	Ninguna variable independiente es significativa					
a. La categoría de referencia es: no aplica.						

Tabla 39.

Regresión logística multinomial de los factores ponderables y el retraso.

Estimaciones de parámetro						
Tipo de desviación tiempo ^a		B	Wald	gl	Sig.	Exp(B) odds ratios
Desviación en tiempo	Ninguna variable independiente es significativa					
Desviación en coste y tiempo	[Plan de calidad=0]	-2,180	2,876	1	0,040	0,113
	[Plan de calidad=1]	0 ^b		0		
	[Experiencia adicional de personal=0]	-1,541	3,937	1	0,039	0,214
	[Experiencia adicional de personal=1]	0 ^b		0		
a. La categoría de referencia es: no aplica.						
b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.						

Siguiendo el mismo procedimiento de análisis, se interpretaron los resultados para las desviaciones en tiempo. La regresión logística multinominal para las características del proceso de contratación arrojó como resultados que el plazo total del proceso de selección (CAR 18), el plazo para la presentación de ofertas (CAR 19) y el plazo de evaluación de ofertas (CAR 20), fueron significativas, y reducen en un 0,536 veces, 0,511 veces y 0,216 veces respectivamente, la probabilidad de retrasos.

Las tres variables están dirigidas a proporcionar un mayor tiempo de preparación de ofertas por parte de los oferentes, dando mayor margen de revisión, estudios y ofrecimientos mejor preparados; y por parte del promotor un mayor margen de revisión de las propuestas, para determinar el mejor postor para ser el adjudicatario de las obras. Todo lo anterior supone una disminución en la probabilidad de ocurrencia de desviaciones en plazo.

Analizando más en detalle se resalta que, aunque los tres plazos disminuyen la probabilidad de retrasos, la suma del plazo para presentar ofertas y el plazo para evaluarlas (más el plazo de licitación en fase de borradores), conforman el plazo total del proceso de selección. Teniendo que el plazo para preparar ofertas posee unos odds ratios mayores que los plazos para evaluarlas, es de suponer que es más influyente el plazo otorgado a los oferentes para preparar las ofertas, que el plazo para revisarlas, para reducir la probabilidad de desviaciones.

Por último, en cuanto a desviación en coste y plazo, se obtuvo que el plazo total del proceso de selección es significativo bajo las mismas condiciones vistas previamente, confirmando el resultado obtenido en el análisis de las desviaciones en coste. Ahora si bien se obtuvo tanto para los sobrecoste y retrasos que el plazo total del proceso de selección es significativo, es de suponer que posee una mayor influencia en reducir la probabilidad de retrasos que los sobrecostes, aunque afecte a los tipos de desviaciones, según los resultados obtenidos.

Para los requisitos habilitantes jurídicos y técnicos en relación con los retrasos se obtuvo el mismo resultado, como se observa en las respectivas tablas de estimaciones de parámetro. Ninguna variable independiente fue significativa para predecir la ocurrencia de desviaciones en plazo. Por tanto, ningún requisito que mida la capacidad jurídica o técnica para contratación de vías terciarias en Colombia, afectará la probabilidad que ocurran o no incrementos en el plazo pactado de los contratos.

En el caso los requisitos habilitantes financieros y factores ponderables se obtuvo los mismos resultados del análisis para las desviaciones en coste, no obteniendo predictores significativos de los retrasos puros, pero si obtenido los mismos para los casos de ambas desviaciones simultaneas. Esto se confirma en los resultados de las regresiones realizadas.

Lo anterior querría decir que tanto la solidez y salud financiera del contratista en función de la carta de cupo bancario, como los planes de calidad en aseguramiento de la satisfacción de los trabajos y personal más experimentado, eficaz y eficiente para la ejecución, reducen también la probabilidad de retrasos en vías terciarias de Colombia.

Los últimos dos tienen mucho sentido, ya que tanto el plan de calidad como el personal más experimentado, son factores muy relacionados a conseguir resultados en menor tiempo, a mayor garantía, aprovechando la experiencia para ejecutar los métodos constructivos y evitando re-trabajos con buenos controles de calidad, lo que en última instancia reducirá la probabilidad de desviaciones en el plazo pactado.

En base a todo lo anterior, estaría respondida la pregunta 3 de la investigación. Un resumen de las variables del proceso de contratación que influyen significativamente en el incremento del precio y plazo en vías terciarias en Colombia se observa en la Tabla 40. Se debe tener en cuenta que el plazo total del proceso de selección y el plazo de desarrollo de la licitación, cuya interpretación de resultados es muy similar, son variables con una correlación fuerte positiva, como se observó en el análisis de correlaciones previamente realizado.

Tabla 40.

Variables del proceso de contratación que más influyen en las desviaciones de coste y plazo.

Tipo variable	Desviación en coste	Desviación en plazo
Características del proceso de contratación	Plazo total proceso selección (-0,54 veces Prob.)	
	Plazo de desarrollo de la licitación (-0,54 veces Prob.)	
		Plazo presentación ofertas (-0,51 veces Prob.)
		Plazo evaluación ofertas (-0,22 veces Prob.)
Criterios jurídicos	Plazo garantía de seriedad (-0,95 veces Prob.)	
Criterios financieros	Carta cupo bancario (-16 veces Prob.)	
Criterios técnicos	Programa de obra (-20 veces Prob.)	
Factores ponderables	Programa de inversiones (-45 veces Prob.)	
	Análisis de precios unitarios (-15 veces Prob.)	
	Carta ofrecimiento obra adicional (+0,99 veces Prob.)	
		Plan de calidad (-9 veces Prob.)

Tipo variable	Desviación en coste	Desviación en plazo
	Experiencia adicional de personal (-5 veces Prob.)	

Estos resultados están muy relacionados con los resultados obtenidos para la pregunta 1. En donde algunas de las variables del proceso de contratados pueden estar conectadas a las principales causas que motivan desviaciones en tiempo y coste en vías terciarias en Colombia.

Los plazos del proceso de selección, en especial el plazo para preparación de ofertas, cuyos resultados demostraron que son significativos para predecir la ocurrencia de retrasos, es una variable que directamente afecta el tiempo que tienen los oferentes para preparar sus ofertas, realizar estimaciones de costes reales de ejecución y plazo para el desarrollo de las partidas de obra. Sí, estas estimaciones se hacen a la carrera y se cometen omisiones o imprecisiones terminaran desembocando en deficientes gestiones del presupuesto y recursos económicos y deficiente gestión del tiempo y cronograma, dos causas que provocan tanto sobrecostes como retrasos, lo que se evidenció previamente.

Del mismo modo, no solicitar un programa de obra a los oferentes, también posee como consecuencia falta de previsión o subestimación de los plazos reales de ejecución, lo que lleva a la deficiente gestión del tiempo y cronograma. Por último, no solicitar a los oferentes un programa de inversiones y desglose de las partidas de obra, puede llevar a los futuros contratistas a cometer errores en previsión y control de costes de obra y recursos materiales, desembocando en las causas: deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos y deficiente gestión de recursos materiales.

Estas conexiones entre causas de desviaciones y variables del proceso de contratación son lo que a simple vista se puede interpretar a priori, sin embargo, es necesario profundizar en investigaciones que contemplen indagar mejor sobre estas relaciones entre causas y variables de contratación, pues el alcance de esta investigación no permite llegar más allá.

6. Discusiones

6.1. Principales causas de desviaciones y relación entre ellas

Los resultados obtenidos demuestran que las principales causas de retraso y sobrecoste en vías terciarias en Colombia se encuentran alineadas con descubrimientos realizados por diferentes autores alrededor del mundo. Al igual que en otras investigaciones se encontró que el aumento en cantidades de obra es un detonante claro de los incrementos, al igual que la adición de ítems no previstos (Abderisak et al., 2017; Famiyeh et al., 2017; Gholamreza y Meghdad, 2019; Kavuma et al., 2019; L.-H. Long et al., 2008).

Sin embargo, estos autores se limitaron a identificar las causas, mientras que la presente investigación llegó un poco más allá, al descubrir la relación intrínseca entre ambas causas de desviaciones; determinando que ambas suelen ocurrir al mismo tiempo, pero es más frecuente el aumento de cantidades que la adición de ítems no previstos. Del mismo modo, se llegó a qué es más frecuente que cuando se presenta una adición de ítems, se presente también un aumento de cantidades, mientras que al contrario no necesariamente sucederá esto.

Estas causas fueron identificadas en la literatura en proyectos de construcción de obra pública y privada (Abderisak et al., 2017), proyectos de edificación (L.-H. Long et al., 2008) y proyectos carreteros (Gholamreza y Meghdad, 2019), por lo que se puede decir que tanto el aumento de cantidades como la adición de ítems no son causas de desviaciones exclusivas de vías terciarias, sino que también se presentan en otros tipos de infraestructuras viales, edificaciones o naturaleza público-privada.

Otras causas de desviaciones en vías terciarias en Colombia son la deficiente gestión del presupuesto, cronograma y recursos de obra. Descubrimientos similares se encontraron en Estados Unidos de América (Shane et al., 2009), Ecuador (Manzano-Alvarado, 2019) y Corea del sur (Kavuma et al., 2019) respectivamente, por lo que se demuestra que las causas de desviaciones encontradas no solo son comunes en el contexto colombiano, sino también en países del norte, suramericanos y de oriente.

Autores concuerdan que ambos tipos de desviaciones están fuertemente influenciadas por las habilidades gestoras de los contratistas, tanto para estimar costes, plazos y recursos, pues afectan directamente el rendimiento, eficacia y productividad posterior en obra (Manzano-Alvarado, 2019). Otros afirman que las etapas más tempranas en el ciclo de vida de proyectos para los planificadores y gestores de los mismos suelen ser las más críticas respecto a futuras desviaciones (Gómez-Cabrera et al., 2020), lo que concuerda también con los resultados obtenidos, ya que afectan directamente las habilidades gestoras en las primeras etapas de proyecto.

Se encontró que la deficiente gestión del presupuesto y cronograma son causas de sobrecostes y retrasos respectivamente, los cuales, según definición otorgada en el capítulo anterior, son provocadas por estimaciones de obra erróneas o subestimadas. Esto concuerda con los descubrimientos de otros autores, los cuales sostienen que las ofertas en presupuesto o plazo realizadas de forma optimista tienden a incentivar las desviaciones, debido a que reducen el margen de maniobra a imprevistos y suponen una reducción en la calidad de los resultados (Larsen et al., 2016).

Por otro lado, la relación entre la deficiente gestión de recursos y las desviaciones también es un descubrimiento común con otros autores, cuyas investigación llegan a que los retrasos en obras viales en Zambia y Palestina, son causados por escasez de maquinaria, equipos o combustible en sitio de obra (Kaliba et al., 2009; Mahamid et al., 2012).

Por último, la investigación determinó que las inclemencias meteorológicas son causantes principales de desviaciones en plazo, lo que otros investigadores corroboran al encontrar que el mal clima, la lluvia y el lodo provocan sobrecostes y retrasos en proyectos de construcción (Kaliba et al., 2009; Santoso y Soeng, 2016). Aunque la presente investigación da un paso más respecto a este punto, determinando que a pesar de que siempre que se presenta la causa, se presenta la consecuencia, esto solo sucede cuando la magnitud y frecuencia del evento induce al retraso, pues si el evento es puntual, no provocará necesariamente la desviación.

A conclusiones similares han llegado otras investigaciones, no específicamente sobre inclemencias meteorológicas, pero algunos autores han llegado a determinar que el impacto de las causas sobre las desviaciones dependen de la frecuencia con la que aparecen (Abderisak et al., 2017), clasificándose las causas según sus efectos, en frecuentes de bajo impacto o poco frecuentes de alto impacto (Long et al., 2004).

Analizando el trabajo realizado de forma más general, se encuentra que algunos investigadores lograron establecer la relación entre las desviaciones en coste y plazo, llegando a que los predictores más relevantes para los retrasos son los sobrecostes y viceversa (Gómez-Cabrera et al., 2020), mientras que la presente investigación no contempló el análisis de la relación entre ambos tipos de desviaciones, solo la relación entre sus causas.

Otra diferencia respecto a la literatura radica en los límites asociados al alcance de la presente investigación, en cuanto a que el enfoque fue únicamente establecer las principales causas de desviaciones para el tipo de vía en Colombia, mas no cuantificar su magnitud o estudiar de fondo las condiciones en las que cada causa se presenta. Enfoque investigativo que otros autores sí han realizado, cuantificando el impacto de las desviaciones (Diekmann et al., 1985; Flyvbjerg et al., 2004), formas de prevención (Aibinu y Odeyinka, 2006; Chang, 2002), gestión (Aibinu, 2006) o planificación para reducción de sus efectos (Abdul-Malak et al., 2002; Zhao et al., 2008).

Sin embargo, a partir de la investigación literaria, se encontró que la mayoría de investigaciones hace un estudio de causas enfocado a un tipo de desviación o ambos, sin discriminar las causas obtenidas sobre un tipo u otro, mientras que la presente investigación da un salto, determinando un listado de 3 causas de sobrecostes y 4 causas de retrasos para vías terciarias en Colombia, claramente distinguidas.

6.2. Influencia del proceso de selección en el éxito del proyecto

Los resultados obtenidos demostraron la influencia que poseen los procesos de selección con la ocurrencia de desviaciones en plazo o coste en contratos de vías terciarias en Colombia. Esto es un salto en sí mismo sobre investigaciones previas de múltiples autores, debido a que, a la fecha son escasos los estudios que se enfocan en los procesos de selección y sus múltiples variables con respecto a los incrementos de condiciones contractuales (Gómez-Cabrera et al., 2020).

Algunos de los resultados, como la influencia del programa de obra, programa de inversiones y análisis de precios unitarios que afectan la aparición de sobrecostos, o el plan de calidad o personal más experimentado, que afectan a ambos tipos de desviaciones, son requisitos del proceso de selección que modifican directamente las habilidades gestoras de los contratistas, pues suponen una mayor previsión y preparación para anticipar imprevistos y ejecución de obra. Descubrimiento acorde con investigaciones en la literatura que afirman que las desviaciones se ven afectadas por aquellos factores que modifiquen la capacidad gestora del constructor, suponiendo una variable en la posterior efectividad y productividad en obra (Manzano-Alvarado, 2019) o que afirman que la previsión que puedan tener los constructores para tener margen de maniobra ante imprevistos afectara la aparición de incrementos contractuales (Larsen et al., 2016).

Del mismo modo, se encontró que los resultados relacionados a la influencia de los plazos del proceso de selección, en especial el plazo para presentar ofertas, sobre las desviaciones, son un resultado alineado con otras investigaciones, donde se ha llegado a que las ofertas de licitación que se realizan de forma muy optimista o de forma errónea conllevará a desviaciones (Larsen et al., 2016). Dicho sea de paso, que el plazo para presentar ofertas afecta estas previsiones, pues si es muy limitado los oferentes tenderán a realizar ofertas de forma apresurada, induciendo al error.

Los métodos estadísticos de investigación utilizados para el desarrollo del presente estudio difieren con lo observado en la literatura. A pesar de que algunos autores coinciden con las correlaciones de Spearman como método de estudio de correlaciones en la muestra, como fue el caso de Le-Hoai en 2008 en su estudio de desviaciones en grandes proyectos de construcción en Vietnam (Le-Hoai et al., 2008). Los métodos principales de investigación para responder las preguntas planteadas fueron mediante métodos de análisis estadístico bivariado (a través de tablas de contingencia) y multivariado (mediante regresiones logísticas).

Diferencia con otros autores, los cuales han usado otros métodos para llegar a sus descubrimientos. Estos métodos son escalas de Likert y diagramas de Kiviat (Abderisak et al., 2017), índice de importancia relativa (Famiyeh et al., 2017), regresiones lineales de mínimos cuadrados y correlaciones de Pearson (Gholamreza y Meghdad, 2019) y el método d de Cohen (Safapour y Kermanshachi, 2019).

Por último, un paso adelante que se dio con el trabajo de fin de máster fue utilizar bancos de datos históricos para realizar el estudio, debido a que a fecha de hoy, la mayoría de investigaciones realizan análisis a partir de datos obtenidos de la opinión de las partes participantes de las construcciones (Gómez-Cabrera et al., 2020). Mientras que el presente estudio utilizó el banco de datos abiertos del SECOP, para captar y recopilar la información de contratos ejecutados y documentados de 130 vías terciarias en Colombia, y en base a datos históricos, planteó y respondió las preguntas de investigación para determinar la conexión con los procesos de selección.

Adicionalmente, se aportó una investigación que se centra en las vías de tipo terciario, enfoque escaso a la fecha y que requiere de mayor cantidad de estudios de acuerdo con algunos autores (Gómez-Cabrera et al., 2020).

Lo que sigue siendo escaso a día de hoy, son estudios que se centren en profundizar sobre los motivos por los cuales existe una influencia entre los criterios del proceso de selección y las desviaciones, siendo necesario justificar el porqué de estas conexiones. Del mismo modo, hacen falta estudios en la literatura que evalúan la magnitud de los efectos de las variables del proceso de contratación sobre las desviaciones.

7. Conclusiones

Finalmente, en desarrollo del presente capítulo se presentan las conclusiones finales a las que llegó la investigación a partir de los resultados obtenidos en secciones anteriores del trabajo de fin de master. A partir del desarrollo y resolución de las preguntas de investigación planteadas, se presenta el cumplimiento de los objetivos, contribuciones de la investigación, recomendaciones, limitaciones y futuras líneas de investigación encontradas.

7.1. Cumplimiento de los objetivos

A manera de cierre del presente trabajo de fin de master, se ha conseguido desarrollar y responder a cada uno de los objetivos planteados, cuyas principales conclusiones se exponen a continuación:

- Identificar causas de retraso y sobrecoste en la construcción de infraestructuras viarias a partir de la revisión literaria.

1. A partir del trabajo desarrollado, donde se investigó y estudió el trabajo de diferentes investigadores alrededor del mundo, se identificó que las principales causas de retraso y sobrecoste en la construcción de infraestructura vial a nivel mundial son las 23 causas reportadas a continuación:

- 1) Falta de experiencia
- 2) Deficiente gestión de recursos
- 3) Deficiente gestión del contrato
- 4) Falta de procesos de calidad
- 5) Inestabilidad financiera
- 6) Estructura organizacional deficiente
- 7) Lenta toma de decisiones
- 8) Deficiente gestión del tiempo y cronograma
- 9) Deficiente gestión del sitio de trabajo
- 10) Deficiente comunicación por parte del contratista

- 11) Deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos
 - 12) Deficiente aplicación de conocimientos BIM
 - 13) Prácticas fraudulentas y corrupción
 - 14) Aumento de cantidades
 - 15) Adición de ítems no previstos
 - 16) Modificación a diseños iniciales
 - 17) Inclemencias meteorológicas
 - 18) Modificación al alcance del contrato
 - 19) Falta de permisos de construcción o ambientales
 - 20) Falta de diseños definitivos y/o terminados
 - 21) Demoras en contratación de dirección facultativa
 - 22) Modificación al objeto del contrato
 - 23) Problemas del promotor con la comunidad
2. Las causas de desviaciones alrededor del mundo dependen del sitio de construcción, contexto social, político y económico, la época, el tamaño de las obras, la fase en el ciclo del proceso proyecto-construcción y el tipo de obra.
 3. Las causas de retraso y sobrecoste pueden ser de dos tipos, frecuentes de bajo impacto o puntuales con alto impacto en sus consecuencias.
 4. En la literatura a día de hoy se encuentra que múltiples autores llegan por alcance a definir las causas de desviaciones, sin llegar a definir la magnitud de sus efectos o el origen de dichas causas.
 5. En la literatura aún hay escasas investigaciones enfocadas en vías rurales o estudios entre las desviaciones y los procesos de selección de contratos.
- Analizar las causas de retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia.
1. A partir de la investigación realizada, las principales causas de retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia son las 6 causas presentadas como sigue:
 - Sobrecoste: Aumento en cantidades, adición de ítems no previstos, deficiente gestión del presupuesto y recursos económicos.
 - Retraso: Aumento en cantidades, inclemencias meteorológicas, deficiente gestión de recursos, deficiente gestión del tiempo y cronograma.
 2. El aumento en cantidades y adición de ítems no previstos son causas que en un alto porcentaje de las veces provocan las desviaciones, sin embargo, dependerá de la magnitud y condiciones en las que se presenten para que se detone la adición contractual.

3. El aumento de cantidades y adición de ítems suelen ocurrir al tiempo, aunque es más frecuente la primera. Cuando ocurre el aumento de cantidades, no necesariamente ocurrirá la adición de ítems, aunque en sentido contrario, es frecuente que, al presentarse adición de ítems, se presente un aumento en cantidades.
 4. El aumento de cantidades es la única causa común tanto para sobrecostes como para retrasos, siendo más frecuente que provoque ambos tipos de desviaciones de forma simultánea. Sin embargo, entre los dos tipos de desviaciones, se presenta con mayor frecuencia en casos de sobrecoste.
 5. Siempre que se presenta una deficiente gestión del presupuesto y recursos económicos, del tiempo y cronograma o de recursos de obra, se presentará una desviación. Las tres siendo causas imputables al actuar del contratista.
 6. Las inclemencias meteorológicas en el 100% de los casos provocan desviaciones en tiempo, siempre y cuando la magnitud y frecuencia de la adversidad lo amerite, pues dependiendo de esto el fenómeno pasa de ser un evento puntual a un problema de obra.
- Analizar los criterios del proceso de contratación que influyen en el retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia.
1. A partir del trabajo desarrollado, los principales criterios del proceso de contratación que influyen en la generación de retrasos y sobrecostes en la construcción de vías terciarias en Colombia se observa a continuación:

Sobrecostes:

- Características del proceso de contratación: plazo total proceso selección y plazo de desarrollo de la licitación.
- Criterios jurídicos: plazo garantía de seriedad.
- Criterios financieros: carta de cupo bancario.
- Criterios técnicos: programa de obra.
- Factores ponderables: programa de inversiones, análisis de precios unitarios, carta ofrecimiento obra adicional, plan de calidad y experiencia adicional de personal.

Retrasos:

- Características del proceso de contratación: plazo total proceso selección, plazo de desarrollo de la licitación, plazo presentación ofertas y plazo evaluación ofertas.
- Criterios financieros: carta de cupo bancario.
- Factores ponderables: plan de calidad y experiencia adicional de personal.

2. A medida que se aumenta el plazo total del proceso de selección y el plazo de desarrollo de la licitación, menor será la probabilidad de que ocurra una desviación en plazo y coste. Estos plazos afectan más frecuentemente la probabilidad de ocurrencia de los retrasos, que los sobrecostes.
3. A medida que se aumenta plazo de presentación de ofertas y evaluación de las mismas, se disminuye la probabilidad de retrasos. Donde es más influyente en la reducción de la probabilidad, el aumento al plazo para la preparación de ofertas de los licitadores.
4. A medida que el plazo de la garantía de seriedad aumenta, la probabilidad de que ocurra un sobrecoste será menor. Es decir, a medida que aumenta el grado de compromiso en el que un licitador mantiene su oferta, menor será la probabilidad de desviación.
5. Cuando se solicita una carta de cupo bancario como requisito financiero, se recude la probabilidad de que ocurran sobrecostes y retrasos. Es decir, a medida que aumenta la solidez y salud financiera de un licitador, demostrada ante un banco, menor será la probabilidad que ocurran las desviaciones.
6. Al solicitar un programa de obra como requisito técnico, la probabilidad de que ocurran sobrecostes bajará. Es decir, solicitar previamente a la construcción el calendario de ejecución de partidas de obra, permite reducir la probabilidad de ocurrencia de desviaciones en coste.
7. A medida que se solicita un programa de inversiones y análisis de precios unitarios como factores ponderables, se disminuye la probabilidad de adiciones al importe de obra. Es decir, solicitar previa construcción el calendario de inversión de recursos económicos y el desglose de las partidas de obra en todos sus componentes, reduce la probabilidad de sobrecoste.
8. Por otro lado, solicitar a los licitadores un compromiso de ejecución de obra adicional por el mismo importe pactado, aumenta las probabilidades de que exista una desviación en coste.
9. Solicitar un plan de calidad y mayor experiencia al personal de obra, reduce las probabilidades de que ocurran ambos tipos de desviaciones. Es decir, asegurar la satisfacción de los trabajos realizados y la eficiencia-eficacia de ejecución a través de la experiencia profesional antes de la construcción, permite reducir las probabilidades de sobrecostes y retrasos.
10. El plazo de preparación de ofertas puede estar relacionado con la deficiente gestión del presupuesto y recursos económicos o la deficiente gestión del tiempo y cronograma, pero hacen falta más estudios.
11. El programa de obra puede estar relacionado con la deficiente gestión del tiempo y cronograma. Así como el programa de inversiones y desglose de partidas de obra pueden estar relacionados a la deficiente gestión de presupuesto y recursos de obra. En ambos casos hacen falta mayores estudios para profundizar en estas relaciones.

A partir de todo lo anterior, se concluye el análisis de las causas que producen desviaciones de coste y/o plazo en las obras de vías terciarias en Colombia, objetivo general planteado para la investigación.

7.2. Contribución de la investigación

A día de hoy los estudios sobre desviaciones en contratos de vías rurales en Colombia y la relación de estas con las diferentes variables del proceso de licitación son muy escasos (Gómez-Cabrera et al., 2020). Sin embargo, el presente trabajo de fin de master se presenta como un pequeño avance en este tipo de investigaciones, aportando la identificación de las principales causas (provenientes de la literatura alrededor del mundo) que se extrapolan al caso colombiano. Entregando como resultado un listado de las causas que mayormente provocan desviaciones en plazo y coste en vías terciarias en Colombia, junto con su análisis individual e simultáneo entre causas.

Adicionalmente la investigación da un pequeño salto sobre el esquema investigativo de sus predecesoras. Analizando la relación entre las desviaciones y las diferentes variables involucradas en el proceso de contratación. Se entrega como resultado un listado de las principales características del proceso, requisitos habilitantes y factores ponderables que influyen de forma significativa en la predicción de sobrecostes y retrasos en vías terciarias de Colombia.

Del mismo modo, se realiza un análisis de cada una de las variables del proceso de contratación identificadas, interpretando sus resultados a modo de recomendaciones para su implementación en los pliegos tipo. Esto se observa en el capítulo siguiente, recomendaciones.

La contribución principal de la investigación es funcionar como puente de transición entre el desconocimiento de las causas de desviaciones y la relación entre la contratación y las desviaciones (en el contexto de las vías terciarias en Colombia), y ahora conocer e identificar las principales causas y variables de la contratación sobre las cuales realizar futuras investigaciones en mayor profundidad, planteando el punto de partida para muchos más estudios. Esto se plantea en mayor profundidad más adelante en las futuras líneas de investigación.

7.3. Recomendaciones

El trabajo de fin de master obtuvo como resultado una serie de descubrimientos que funcionan como una propuesta de mejora para los futuros procesos de selección realizados en Colombia. Como bien se sabe, a partir del Decreto 342 del 5 de marzo de 2019, se adoptó el uso obligatorio de los pliegos tipo por parte las entidades públicas colombianas a partir de ese mismo año. Por tanto, la presente en investigación, cuyo periodo de estudio correspondió al anterior a la entrada en vigor de los pliegos tipo, analizó y obtuvo una serie de resultados que funcionan como comparación con los documentos tipo.

Propuestas de mejora respecto a los pliegos tipo que actualmente se utilizan en Colombia para la contratación de vías terciarias se presenta a continuación:

Primero – Si bien los plazos para la preparación de ofertas, evaluación, licitación y total del proceso de selección son estipulados a elección de cada entidad promotora en función de sus intereses y los de contratación de bienes y servicios públicos, es recomendable que estos entre mayor sean, en especial el plazo para la preparación de ofertas de oferentes, se ha demostrado que reducen considerablemente las probabilidades de que ocurran desviaciones al contrato, es especial retrasos.

Segundo – En cuanto a la garantía de seriedad (documento vigente en los pliegos tipo), es recomendable solicitar el plazo de vigencia de la garantía lo más prolongada posible, pues de esta forma se minimiza la probabilidad de ocurrencia de sobrecostes en las futuras obras, aumentando el grado de compromiso y seriedad de los oferentes al momento de presentar ofertas.

Tercero – Es recomendable hacer la inclusión de la carta de cupo bancario y programa de obra, como requisitos habilitantes financieros y técnicos (ausentes en los documentos de los pliegos tipo), debido a que en esta investigación se encontró que ambos criterios mejoran el tipo de propuesta y perfil de contratista participante, lo que disminuye la probabilidad de que ocurran desviaciones.

Cuarto – En los factores ponderables es recomendable la inclusión dentro de los pliegos tipo del programa de inversiones, análisis de precios unitarios, plan de calidad y experiencia adicional del personal (ausentes en los pliegos tipo), ya que se encontró en la investigación que otorgar puntaje a proponentes que ofrecen este tipo de facultades, reduce las probabilidades de sobrecostes y retrasos en futuros contratos.

Quinto – Es recomendable que la carta de ofrecimiento de obra adicional siga siendo un documento excluido de los factores ponderables en los pliegos tipo, debido a que es un documento que última instancia perjudica tanto a las entidades estatales como a los contratistas, aumentando la probabilidad de que ocurran sobrecostes.

7.4. Limitaciones

El planteamiento del alcance y metodología de investigación escogida, establecieron unos límites claros sobre el tipo de análisis y resultados que pudo obtenerse con el trabajo realizado. De forma general la limitante principal de la investigación fue el tipo de vía, debido a que se centró únicamente en vías de tipo terciario de carácter público. Por otro lado, limitaciones más específicas dentro de la investigación realizada son:

- La magnitud y condiciones en las que se presentan las causas de las desviaciones. Específicamente para el caso del aumento de cantidades, adición de ítems no previstos e inclemencias meteorológicas (causas que dependen de la magnitud de sus eventos), pues se requiere de estudios más focalizados en cada caso para entender el punto en que estos eventos ocurren y pasan de ser casos puntuales a casos que requieren de adiciones en coste o plazo.
- La magnitud numérica de las desviaciones provocada por las principales causas identificadas en vías terciarias. Debido a que el alcance de la presente investigación se focalizó en la ocurrencia o no de las desviaciones, más no en estudiar la magnitud que estas puedan tener a causa de sus principales detonantes.
- La justificación de la relación identificada entre las variables del proceso de contratación y las desviaciones. Lo anterior ya que el alcance de la investigación permitió identificar la relación existente entre múltiples factores relacionados a los procesos de contratación con la ocurrencia de las desviaciones, limitándose solo a interpretar los resultados obtenidos y no a justificar el porqué de dicha influencia entre los criterios y las desviaciones.
- La magnitud numérica de las desviaciones provocada por los diferentes criterios del proceso de contratación. Al igual que para el caso de las principales causas de desviaciones, el alcance de la investigación tampoco llegó a contemplar el estudio de la magnitud de las desviaciones por el uso o no de ciertos criterios de evaluación.
- Conexión entre los requisitos del proceso de contratación y las principales causas de desviaciones en vías terciarias. Debido a que, a simple vista se percibe una posible conexión por la cual los requisitos del proceso de contratación pueden desembocar en las principales causas identificadas, sin embargo, esto es algo que el presente estudio no puede dilucidar, siendo necesario estudios más profundos sobre el tema.

7.5. Futuras líneas de investigación

La principal contribución del presente trabajo de fin de master fue establecer el punto de partida para múltiples investigaciones futuras, que parten de los descubrimientos realizados en el presente estudio. Las futuras líneas de investigación propuestas pueden llevar a los investigadores a realizar múltiples propuestas de mejora que ayuden a entender mejor y mitigar las desviaciones en plazo y coste en vías terciarias en Colombia. Las líneas propuestas son las siguientes:

- Profundizar de forma focalizada en cada una de las principales causas identificadas de desviaciones en vías terciarias en Colombia, en busca de entender y cuantificar la magnitud, contexto y condiciones en las que se da cada una de ellas. Así mismo determinar el punto en el que estas causas efectivamente detonan una desviación.

- Determinar la magnitud numérica que pueden tener los sobrecostos y retrasos en vías terciarias en Colombia a partir de la ocurrencia de las diferentes causas identificadas o por la utilización de los criterios de contratación significativos identificados.
- Profundizar de forma focalizada en cada una de las variables del proceso de contratación identificadas como influyentes en la ocurrencia de desviaciones, en busca de establecer la justificación de su influencia.
- Identificar y ahondar en la relación entre las variables del proceso de contratación con las principales causas de desviaciones identificadas, estudiando la posibilidad que las primeras influyeran la aparición de las segundas.

8. Referencias

- Abd El-Razek, M. E., Bassioni, H. A., y Mobarak, A. M. (2008). Causes of delay in building construction projects in Egypt. *Journal of construction engineering and management*, 134(11), 831–841. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0742-597x\(1995\)11:2\(45\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0742-597x(1995)11:2(45))
- Abderisak, A., Per-Erik Bertil, J., y Göran, L. (2017). Aggregation of factors causing cost overruns and time delays in large public construction projects: Trends and implications. *Engineering, construction and architectural management*, 24(3), 393–406. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2015-0135>
- Abdul-Malak, M. A. U., El-Saadi, M. M. H., y Abou-Zeid, M. G. (2002). Process model for administrating construction claims. *Journal of management in engineering*, 18(2), 84–94. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0742-597x\(2002\)18:2\(84\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0742-597x(2002)18:2(84))
- Aibinu, A. A. (2006). The relationship between distribution of control, fairness and potential for dispute in the claims handling process. *Construction management and economics*, 24(1), 45–54. <https://doi.org/10.1080/14697010500226954>
- Aibinu, A. A., y Odeyinka, H. A. (2006). Construction delays and their causative factors in Nigeria. *Journal of construction engineering and management*, 132(7), 667–677. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2006\)132:7\(667\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2006)132:7(667))
- Alcaldía mayor de Bogotá. (2009). Guía técnica para la elaboración de planes de manejo ambiental. In *Alcaldía mayor de Bogotá* (Issue 51). [http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1380/guia_tecnica_para_la_elaboracion_de_PMA_\(1\)_1\).pdf%0Ahttps://goo.gl/AIqI0C](http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1380/guia_tecnica_para_la_elaboracion_de_PMA_(1)_1).pdf%0Ahttps://goo.gl/AIqI0C)
- Álvarez-Correa, C. (2017). La Paz Y Las Vías Terciarias. *Revista de Ingeniería*, 45, 7–7. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.1>
- Andrade, L. F. (2017). Estrategias estatales para el mejoramiento de la red terciaria. *Revista de ingeniería*, 45, 88–93. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.12>
- Anysz, H., y Buczkowski, B. (2019). The association analysis for risk evaluation of significant delay occurrence in the completion date of construction project. *International journal of environmental science and technology*, 16(9), 5369–5374. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1892-7>
- Bhargava, A., Anastasopoulos, P. C., Labi, S., Sinha, K. C., y Mannering, F. L. (2010). Three-Stage least-squares analysis of time and cost overruns in construction contracts. *Journal of construction engineering and management*, 136(11), 1207–1218. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000225](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000225)
- Cancillería de Colombia. (2021). *Cédula de ciudadanía | Cancillería*. <https://www.cancilleria.gov.co/cedula-ciudadania>
- Cardona, G. (2017). Vías terciarias para la paz. *Revista de ingeniería*, 45, 8–11. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.2>

- Caro, S., y Caicedo, B. (2017). Tecnologías para vías terciarias: perspectivas y experiencias desde la academia. *Revista de ingeniería*, 45, 12–21.
<https://doi.org/10.16924/revinge.45.3>
- Carranza Agudelo, D. (2017). *Cinco empresas lideran la construcción de las vías de cuarta generación*. Revista La República. <https://www.larepublica.co/infraestructura/cinco-empresas-lideran-la-construccion-de-las-vias-de-cuarta-generacion-2498771>
- Chang, A. S.-T. (2002). Reasons for cost and schedule increase for engineering design projects. *Journal of management in engineering*, 18(1), 29–36.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)0742-597x\(2002\)18:1\(29\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0742-597x(2002)18:1(29))
- Circular externa No. 1 de 2019 [Colombia compra eficiente]. (2019). *Obligatoriedad de uso del SECOP II en el 2020*.
- Colombia compra eficiente. (2021). *02. Documentos tipo para licitación de obra pública de infraestructura de transporte – Versión 03 – con las modificaciones de la Resolución 161 de 2021 - versión vigente a partir del 28/06/2021*.
<https://www.colombiacompra.gov.co/content/02-documentos-tipo-para-licitacion-de-obra-publica-de-infraestructura-de-transporte-version>
- Decreto 1082 de 2015 [DNP]. (2015). *Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo de planeación nacional*.
- Decreto 1510 de 2013 [DNP]. (2013). *Por el cual se reglamenta el sistema de compras y contratación pública*.
- Decreto 1735 de 2001 [MinTransporte]. (2001). *Por el cual se fija la Red Nacional de Carreteras a cargo de la Nación Instituto Nacional de Vías y se adopta el Plan de Expansión de la Red Nacional de Carreteras y se dictan otras disposiciones. 28 de agosto de 2001*.
- Decreto 342 de 2019 [DNP]. (2019). *Por el cual se adiciona la Sección 6 de la Subsección 1 del Capítulo 2 del Título 1 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1082 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional*.
- Decreto 392 de 2018 [DAFP]. (2018). *Por el cual se reglamentan los numerales 1, y 8 del artículo 13 de la Ley 1618 de 2013, sobre incentivos en procesos de contratación en favor de personas con discapacidad*.
[http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO 392 DEL 26 FEBRERO DE 2018.pdf](http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20392%20DEL%2026%20FEBRERO%20DE%202018.pdf)
- Decreto 410 de 1971 [Presidencia de Colombia]. (1971). *Por el cual se expide el código de comercio*.
- DIAN. (2021). *Preguntas Frecuentes - ¿Qué es el Registro Único Tributario, RUT?*
<https://www.dian.gov.co/impuestos/personas/Paginas/preguntas.aspx>
- Diekmann, J. E., Asce, M., y Nelson, M. C. (1985). Construction claims: Frequency and severity. *J. Constr. Eng. Manage.*, 111(1), 74–81.
- Famiyeh, S., Teye, C., Ebenezer, A., Collins, A., y Agbenohevi, S. (2017). Major causes of

- construction time and cost overruns: A case of selected educational sector projects in Ghana. *Journal of engineering, design and technology*, 15(2), 181–198.
<https://doi.org/10.1108/JEDT-11-2015-0075>
- Fernandez, S., Cordero, J. M., y Córdoba, A. (2002). *Estadística descriptiva* (ESIC editorial (ed.)).
- Fezybakhsh, S., Telvari, A., y Lork, A. R. (2018). Investigating the causes of delay in construction of urban water supply and wastewater project in water and wastewater project in Tehran. *Civil engineering journal*, 3(12), 1288. <https://doi.org/10.28991/cej-030958>
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (Sage Publications (ed.); 3th ed.).
- Flyvbjerg, B., Holm, M. S., y Buhl, S. (2002). Underestimating costs in public works projects: Error or lie? *Journal of the american planning association*, 68(3), 279–295. <https://doi.org/10.1080/01944360208976273>
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M. K., y Buhl, S. L. (2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 24(1), 3–18. <https://doi.org/10.1080/0144164032000080494a>
- Forbes Colombia. (2020). *Presupuesto 2021, Así se distribuirán los \$53.1 billones de inversión*. <https://forbes.co/2020/07/29/economia-y-finanzas/presupuesto-2021-asi-se-distribuiran-los-531-billones-de-inversion/>
- FWHA. (2018). Alternative contracting method performance in US highway construction. *Research, development, and technology turner-fairbank highway research center*.
- Gholamreza, H., y Meghdad, M. (2019). Investigating cost overruns and delay in urban construction projects in Iran. *International journal of construction management*, 10(1080), 1–11. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1601394>
- Gomez-Cabrera, A., Ponz-Tienda, J. L., Pellicer, E., y Sanz, A. (2019). Factors generating schedule delays and cost overruns in construction projects. *Viii Encuentro latinoamericano de gestión y economía de la construcción*.
- Gómez-Cabrera, A., Ponz-Tienda, J. L., Pellicer, E., y Sanz, A. (2019). Factors generating schedule delays and cost overruns in construction projects. *XI Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção VIII Encuentro latinoamericano de gestión y economía de la construcción, october*. <https://www.researchgate.net/publication/336889237>
- Gómez-Cabrera, Adriana, Sanz-Benlloch, A., Montalban-Domingo, L., Ponz-Tienda, J. L., y Pellicer, E. (2020). Identification of factors affecting the performance of rural road projects in Colombia. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/SU12187377>
- ICBF. (2021). *Idoneidad Moral | Portal ICBF - Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF*. <https://www.icbf.gov.co/idoneidad-moral>
- INVIAS. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras* (MinTransporte (ed.); Vol.

- 84). <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POT/inza/02-SubsistemaPolitico.pdf><https://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/politica-de-desarrollo-rural%2C6229.html>https://elpais.com/elpais/2016/08/26/ciencia/1472225923_727879.html<https://www.redalyc.org>.
- INVIAS. (2016). *Manual de interventoría obra pública*. ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Especificaciones/Articulo450-07.pdf
- INVIAS. (2021). *Objetivos y funciones*. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/10-informacion-general/objetivos-y-funciones>
- Kaliba, C., Muya, M., y Mumba, K. (2009). Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia. *International journal of project management*, 27(5), 522–531. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.07.003>
- Kamanga, M., y Steyn, W. (2013). Causes of delay in road construction projects in Malawi. *J. S. Afr. Inst. Civ. Eng.*, 55, 79–85.
- Kavuma, A., Ock, J., y Jang, H. (2019). Factors influencing time and cost overruns on freeform construction projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(4), 1442–1450. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-0447-x>
- Larsen, J. K., Shen, G. Q., Lindhard, S. M., y Brunoe, T. D. (2016). Factors affecting schedule delay, cost overrun, and quality level in public construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 32(1), 04015032. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000391](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000391)
- Le-Hoai, L., Lee, Y. D., y Lee, J. Y. (2008). Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. *KSCE Journal of civil engineering*, 12(6), 367–377. <https://doi.org/10.1007/s12205-008-0367-7>
- Lee, J.-K. (2008). Cost overrun and cause in korean social overhead capital projects: roads, rails, airports, and ports. *Journal of urban planning and development*, 134(2), 59–62. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9488\(2008\)134:2\(59\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9488(2008)134:2(59))
- Ley 1238 de 2008 [DAFP]. (2008). *Por medio de la cual se ordena la disposición gratuita de los certificados de antecedentes disciplinarios y judiciales para todos los efectos*.
- Ley 789 de 2002 [DAFP]. (2002). *Por la cual se dictan normas para apoyar el empleo y ampliar la protección social y se modifican algunos artículos del código sustantivo de trabajo*. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6778#>
- Ley 80 de 1993 [Congreso de la República]. (1993). *Por la cual se expide el estatuto general de contratación de la administración pública*. http://www.esu.com.co/esu/images/Descargables/PDF/Normograma2/leyes/Ley_80_1993.pdf
- Ley 842 de 2003 [Congreso de Colombia]. (2003). *Por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el código de ética profesional y se dictan otras*

disposiciones.

- Long, L.-H., Young, D. L., y Jun Yong, L. (2008). Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. *KSCCE Journal of civil engineering*, 12(6), 367–377. <https://doi.org/10.1007/s12205-008-0367-7>
- Long, N. D., Ogunlana, S., Quang, T., y Lam, K. C. (2004). Large construction projects in developing countries: A case study from Vietnam. *International journal of project management*, 22(7), 553–561. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.03.004>
- Lozano-Serna, S., Patiño-Galindo, I., Gómez-Cabrera, A., y Torres, A. (2018). Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia. *Ingeniería y ciencia*, 14(27), 117–151. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.27.6>
- MAEUEC. (2021). *Oficina de información diplomática ficha país Colombia república de Colombia*.
- Mahamid, I., Bruland, A., y Dmaid, N. (2012). Causes of delay in road construction projects. *Journal of mangement engineering*, 28(3), 300–310. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000096](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000096).
- Manzano-Alvarado, M. (2019). *Estudio de los factores de retraso y sobrecoste en las obras de ecuador*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Memon, A. H., y Rahman, I. A. (2014). SEM-PLS analysis of inhibiting factors of cost performance for large construction projects in malaysia: Perspective of clients and consultants. *The scientific world journal*, 2014, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2014/165158>
- Murillo, C. A. (2017). Desafíos para el desarrollo de la red vial terciaria en el posconflicto. *Revista de ingeniería*, 45, 32–39. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.5>
- Narvaez, L. (2017). Vías terciarias: motor del desarrollo económico rural Tertiary roads: engine of rural economic development. *Revista de ingeniería*, 45, 80–87.
- RAE. (2020). *vereda | Definición | Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/vereda>
- RAE. (2021a). *retraso | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. <https://dle.rae.es/retraso>
- RAE. (2021b). *sobrepreso | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. <https://dle.rae.es/sobrepreso>
- Revista semana. (2018). Mejores vías para el campo. *Publicaciones Semana S.A*, 1, 1. <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/infraestructura-la-transformacion-de-un-pais/articulo/mejores-vias-para-el-campo/563113>
- Revista semana. (2020). Invertir en infraestructura, clave para la competitividad y reactivación de Colombia. *Publicaciones Semana S.A*, 1. <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/obras-tocaba-obrar/articulo/invertir-en-infraestructura-clave-para-la-competitividad-y-reactivacion-de-colombia/202027/>

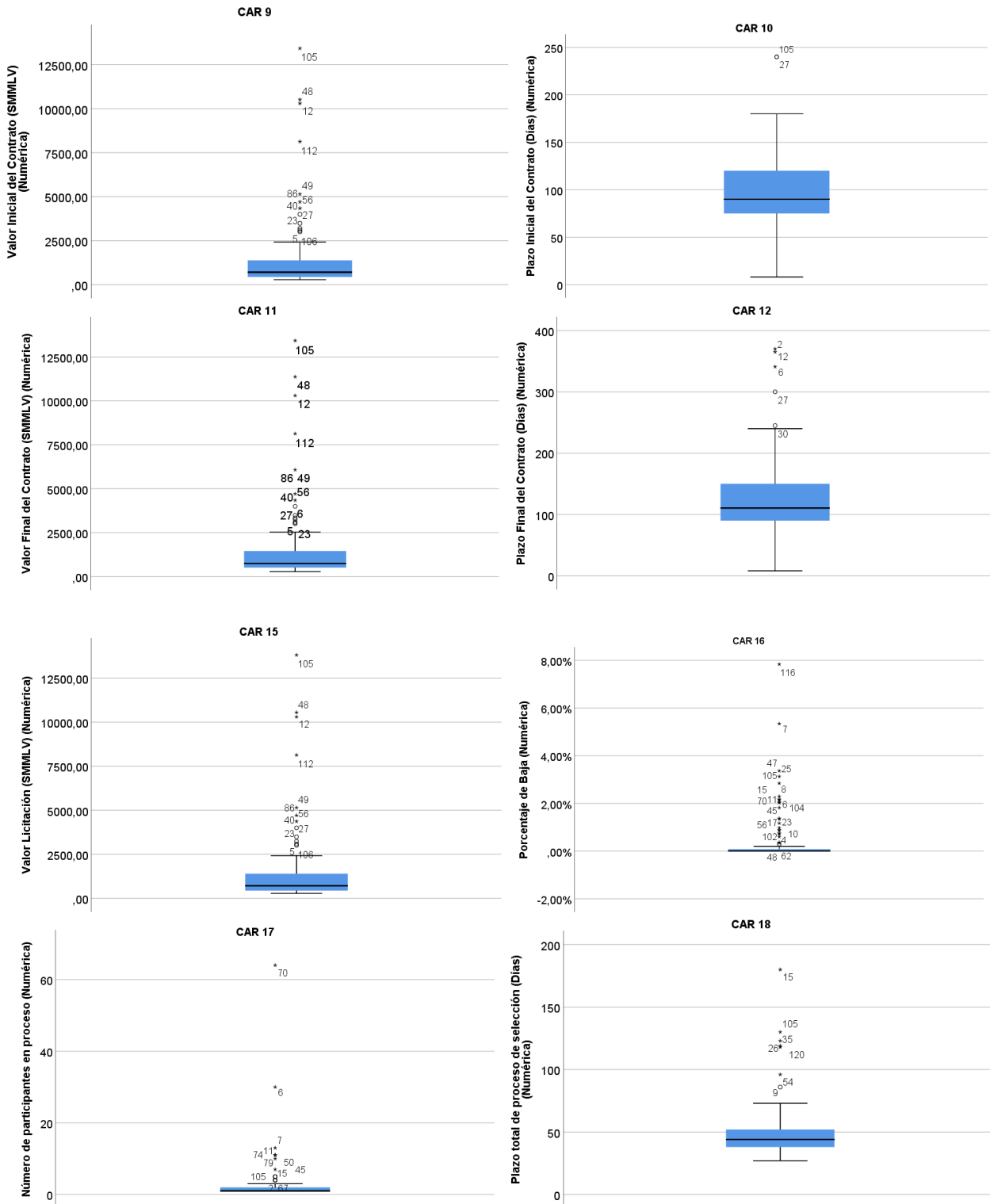
- Rojas-López, M. D., y Ramírez-Muriel, A. F. (2018). Inversión en infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014). *Revista ingenierías universidad de Medellín*, 17(32), 109–128. <https://doi.org/10.22395/rium.v17n32a6>
- Rosenfeld, Y. (2014). Root-Cause analysis of construction-cost overruns. *Journal of construction engineering and management*, 140(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO)
- Safapour, E., y Kermanshachi, S. (2019). Identifying early indicators of manageable rework causes and selecting mitigating best practices for construction. *Journal of management in engineering*, 35(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000669](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000669)
- Santoso, D. S., y Soeng, S. (2016). Analyzing delays of road construction projects in Cambodia: causes and effects. *Journal of management in engineering*, 32(6), 05016020. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000467](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000467)
- Scopus. (2020). *Scopus - Document search results / Signed in*. <https://www.scopus.com/results/results.uri?numberOfFields=0ysrc=syclickedLink=yedit=yeditSaveSearch=yorigin=searchbasicyauthorTab=yaffiliationTab=yadvancedTab=yiscint=1ymenu=searchytablin=ysearchterm1=%28construction+OR+construction+projects%29+AND+%28cost>
- Shane, J. S., Molenaar, K. R., Anderson, S., y Schexnayder, C. (2009). Construction project cost escalation factors. *Journal of management in engineering*, 25(4), 221–229. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0742-597x\(2009\)25:4\(221\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0742-597x(2009)25:4(221))
- Valderrama, E. C. (2017). El rol de las vías terciarias en la construcción de un nuevo país. *Revista de ingeniería*, 0(45), 64–71. <https://doi.org/10.16924/riua.v0i45.943>
- Vivanco, M. (2005). *Muestreo estadístico diseño y aplicaciones* (EDITORIAL UNIVERITARIA SA (ed.)).
- Web of Science. (2020). *Web of Science [v.5.35] - Todas las bases de datos resultados*. https://apps.webofknowledge.com/Search.do?product=UAySID=C4vFzbrDagcx9nZi4iEysearch_mode=GeneralSearchyprID=606ee8f0-5c01-4395-ac4c-c4d0cdc7d744
- Yang, J. Bin, y Ou, S. F. (2008). Using structural equation modeling to analyze relationships among key causes of delay in construction. *Canadian journal of civil engineering*, 35(4), 321–332. <https://doi.org/10.1139/L07-101>
- Zaninovich, D. (2017). Vías regionales y la necesidad de una gestión compartida. *Revista de Ingeniería*, 45, 72–79.
- Zhao, Z. Y., Lv, Q. L., y You, W. Y. (2008). Applying dependency structure matrix and monte carlo simulation to predict change in construction project. *Proceedings of the 7th international conference on machine learning and cybernetics, ICMLC*, 2(July), 670–675. <https://doi.org/10.1109/ICMLC.2008.4620489>

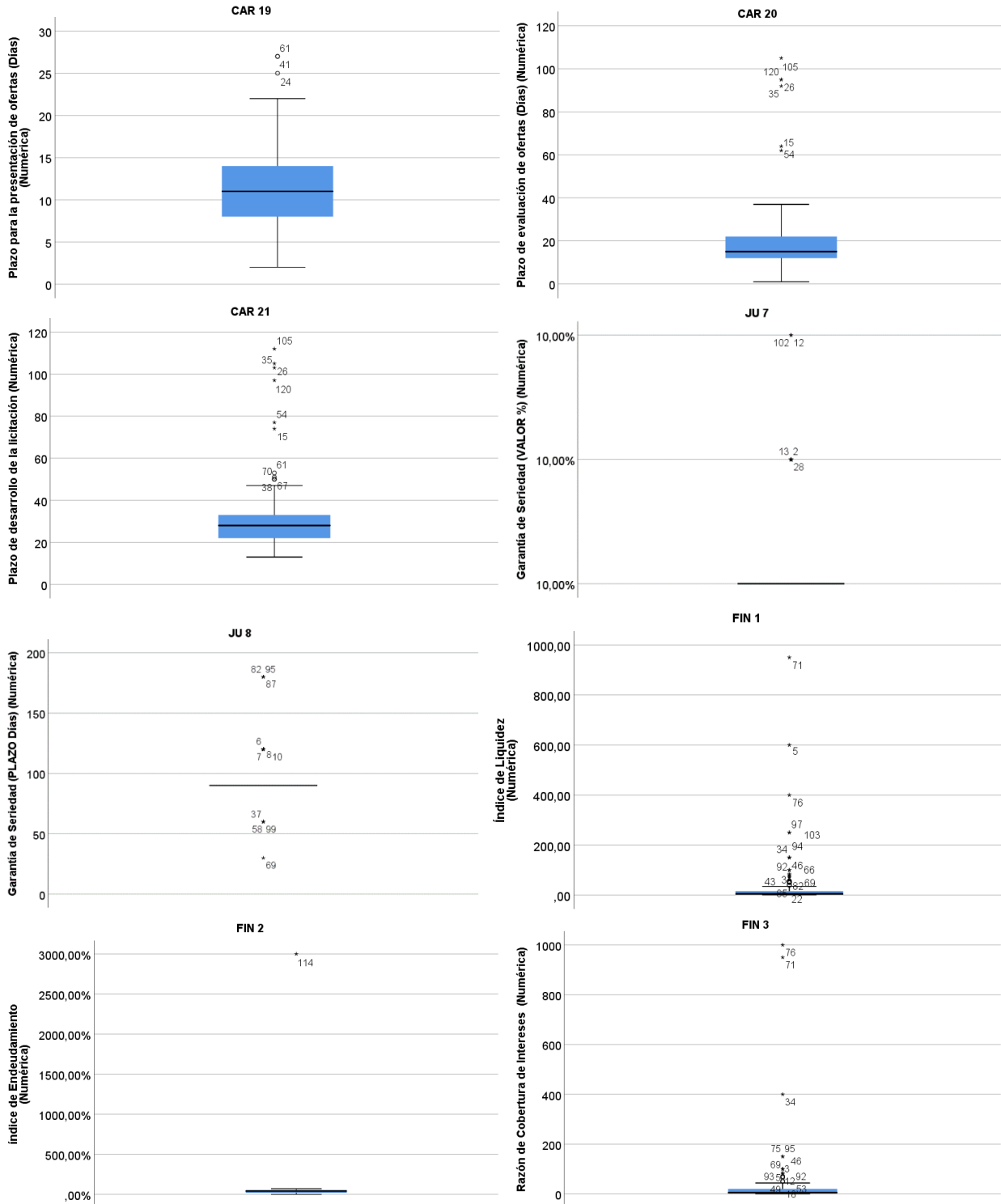
9. Anexos

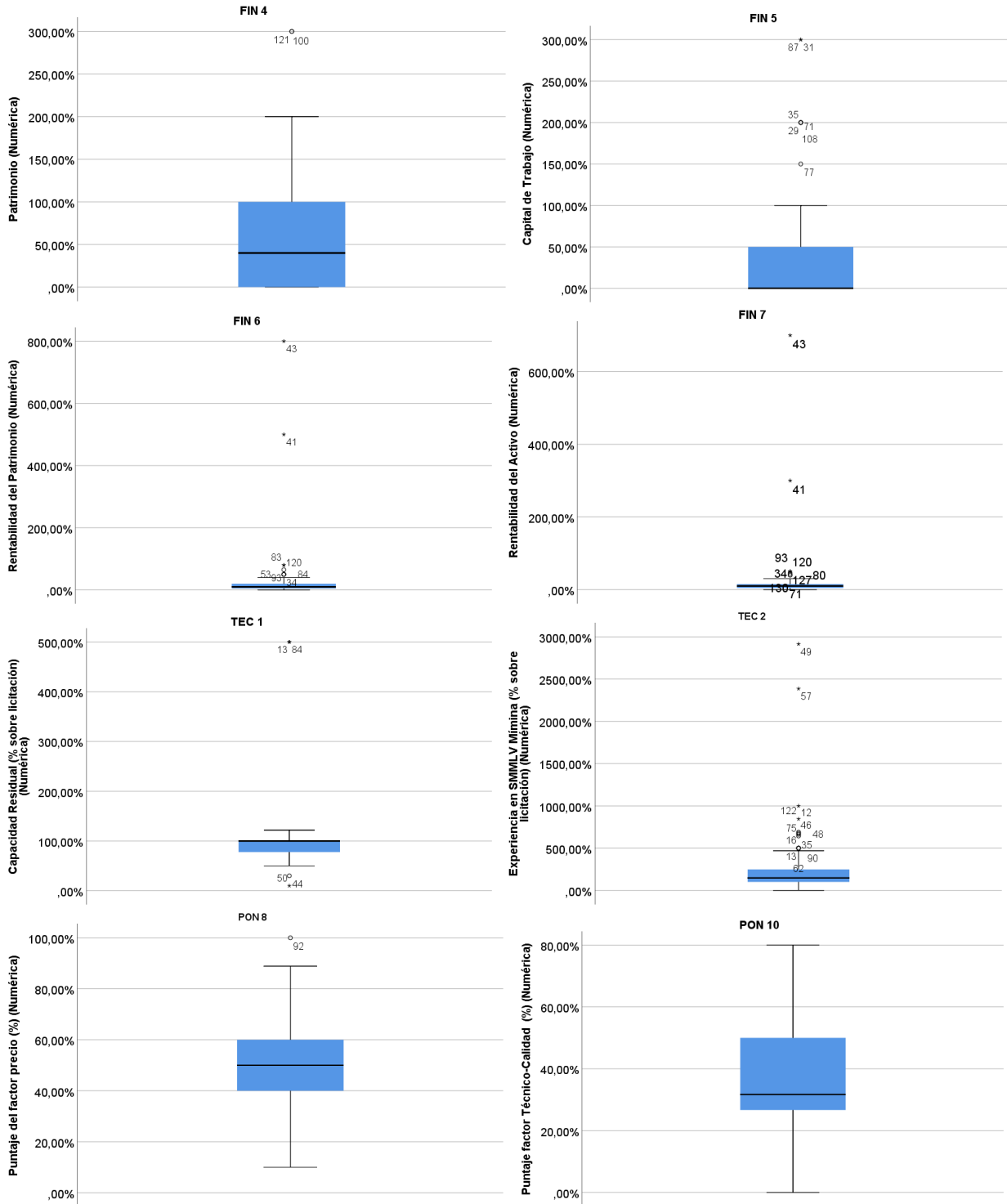
9.1. Anexo 1. Descripción estadística de variables numéricas.

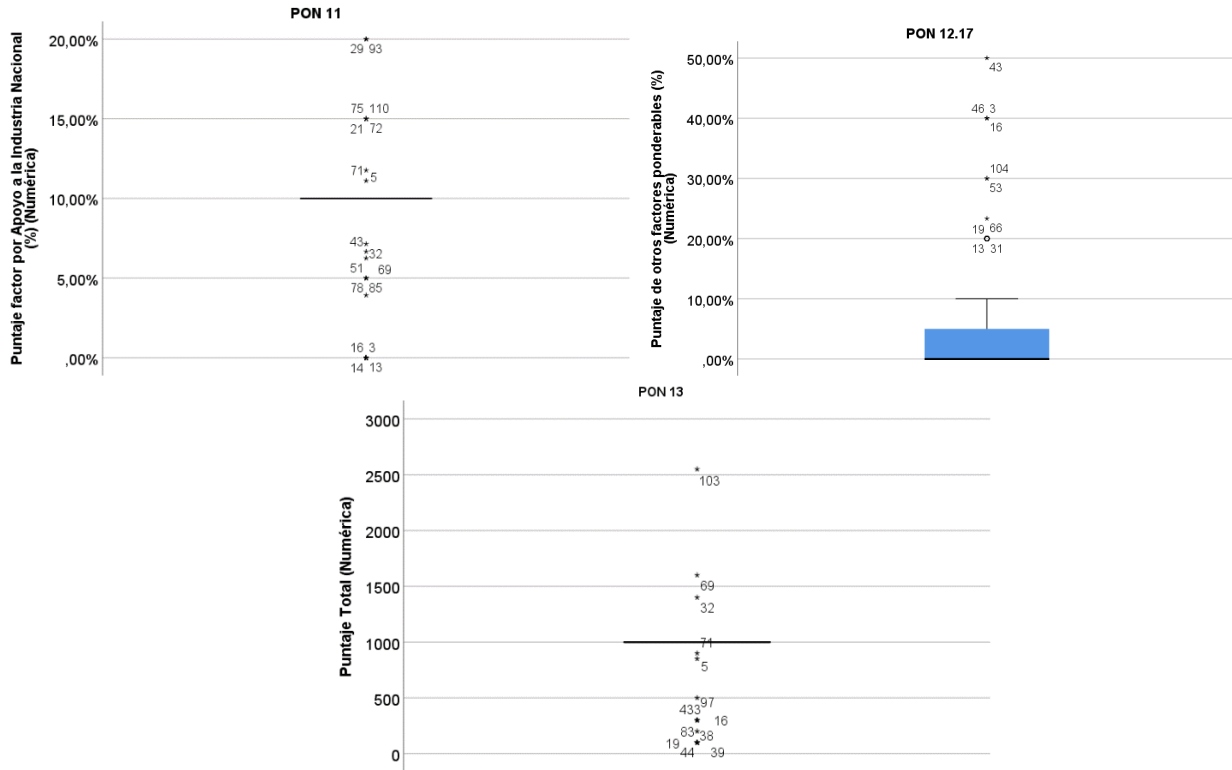
Variable	Media	Mediana	Moda	Desv. Estándar	Varianza	Mínimo	Máximo	Percentiles		
								25	50	75
CAR 9	1331,88	707,54	519,90	1918,93	3682285,96	277,64	13430,79	431,81	707,54	1384,30
CAR 10	95,14	90,00	90,00	39,18	1535,21	8,00	240,00	75,00	90,00	120,00
CAR 11	1421,57	746,32	519,90	1973,20	3893510,15	277,64	13430,79	503,86	746,32	1453,76
CAR 12	122,50	110,50	90,00	62,01	3845,52	8,00	370,00	90,00	110,50	150,00
CAR 15	1339,38	707,59	2095,13	1940,24	3764515,44	277,64	13812,75	432,61	707,59	1398,74
CAR 16	0,36%	0,01%	0,00%	1,03%	0,01%	0,00%	7,83%	0,00%	0,01%	0,08%
CAR 17	2,50	1,00	1,00	6,34	40,22	1,00	64,00	1,00	1,00	2,00
CAR 18	49,72	44,00	37,00	20,81	433,02	27,00	180,00	38,00	44,00	52,25
CAR 19	11,57	11,00	7,00	5,04	25,39	2,00	27,00	7,75	11,00	14,00
CAR 20	19,70	15,00	13,00	16,37	267,87	1,00	105,00	12,00	15,00	22,00
CAR 21	31,27	28,00	28,00	16,58	275,04	13,00	112,00	22,00	28,00	33,00
JU 7	10,0%	10,0%	10,0%	0,0%	0,00%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%
JU 8	95,31	90,00	90,00	19,22	369,28	30,00	180,00	90,00	90,00	90,00
FIN 1	34,91	5,00	5,00	108,96	11872,09	0,70	950,00	2,00	5,00	16,50
FIN 2	0,60	0,40	0,30	2,61	6,80	0,00	30,00	0,20	0,40	0,55
FIN 3	34,37	5,25	1,00	125,74	15810,61	0,00	1000,00	1,95	5,25	20,00
FIN 5	0,34	0,00	0,00	0,60	0,37	0,00	3,00	0,00	0,00	0,50
FIN 4	53%	40%	0%	64%	41,31%	0%	300%	0%	40%	100%
FIN 6	0,24	0,10	0,10	0,82	0,67	0,00	8,00	0,05	0,10	0,20
FIN 7	0,19	0,10	0,10	0,66	0,44	0,00	7,00	0,04	0,10	0,15
TEC 1	97,5%	100,0%	100,0%	65,3%	42,58%	10,0%	500,0%	77,1%	100,0%	100,0%
TEC 2	242,2%	147,9%	100,0%	346,9%	1203,38%	0,0%	2915,6%	100,0%	147,9%	255,7%
TEC 4	3,76	2,00	2,00	4,74	22,48	1,00	30,00	2,00	2,00	4,00
TEC 5	0,89	0,63	0,50	0,97	0,94	0,00	6,88	0,33	0,63	1,00
PON 8	50%	50%	50%	18%	3,40%	10%	100%	40%	50%	60%
PON 10	37%	32%	30%	19%	3,57%	0%	80%	27%	32%	50%
PON 11	8,7%	10,0%	10,0%	4,1%	0,17%	0,0%	20,0%	10,0%	10,0%	10,0%
PON 12.17	5%	0%	0%	9%	0,90%	0%	50%	0%	0%	5%
PON 13	925	1000	1000	306	93420	100	2550	1000	1000	1000

9.2. Anexo 2. Diagrama de bigotes o box plot de las variables numéricas.









9.3. Anexo 3. Tablas y figuras de la descripción estadística de la muestra.

Figura 16.

Gráficos de torta o Pie de las variables de las características del proceso de contratación.

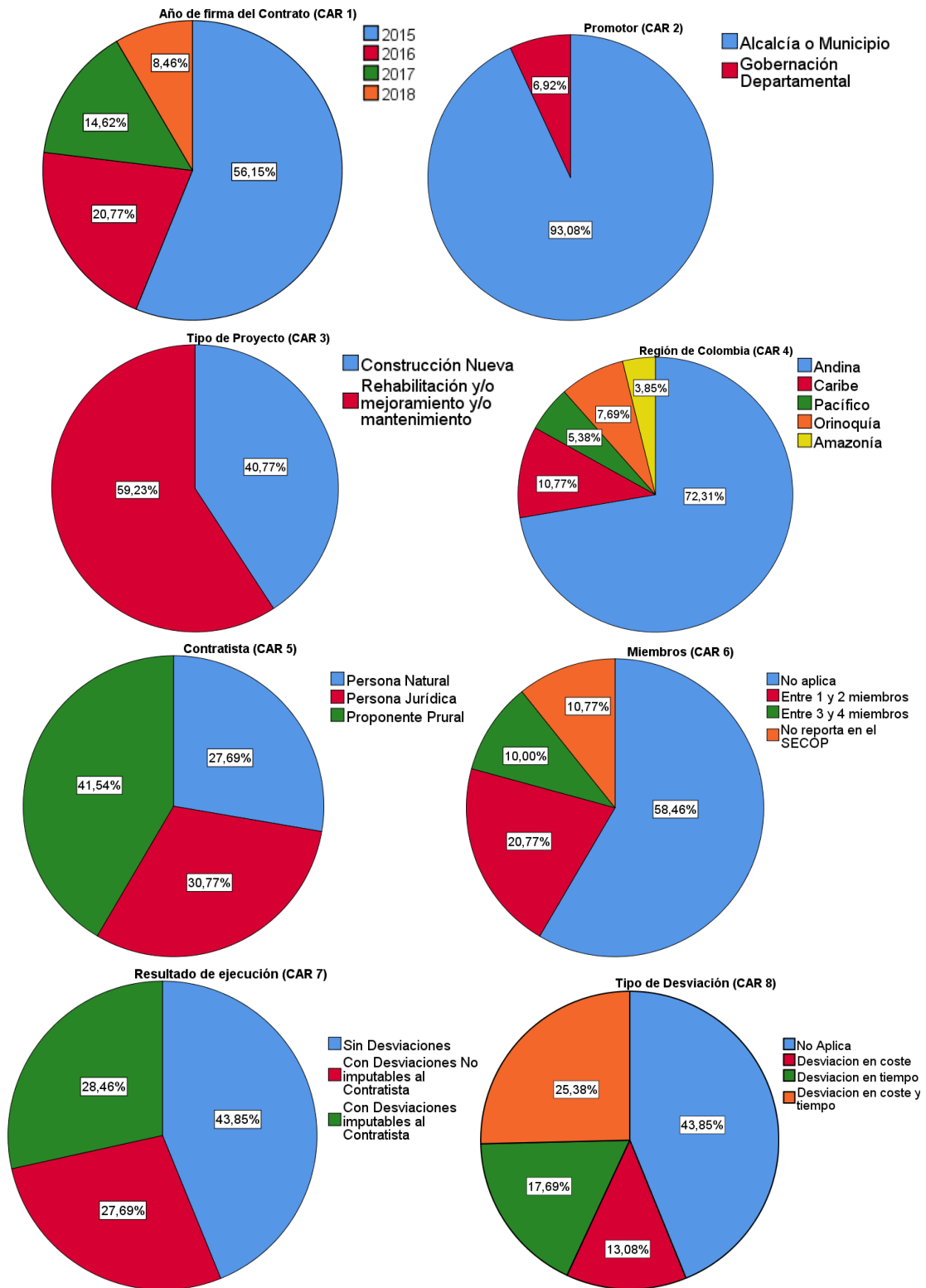


Figura 17.

Gráfica de frecuencias las variables de las características del proceso de contratación.

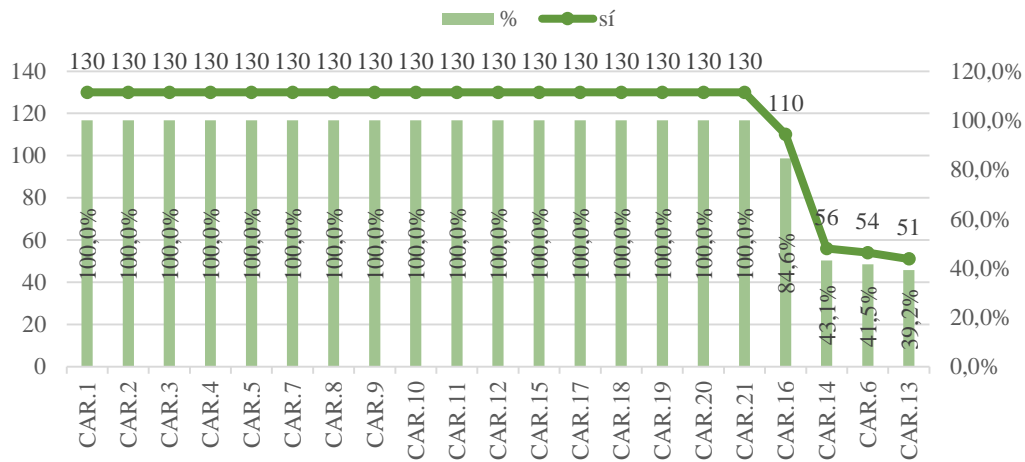


Tabla 41.

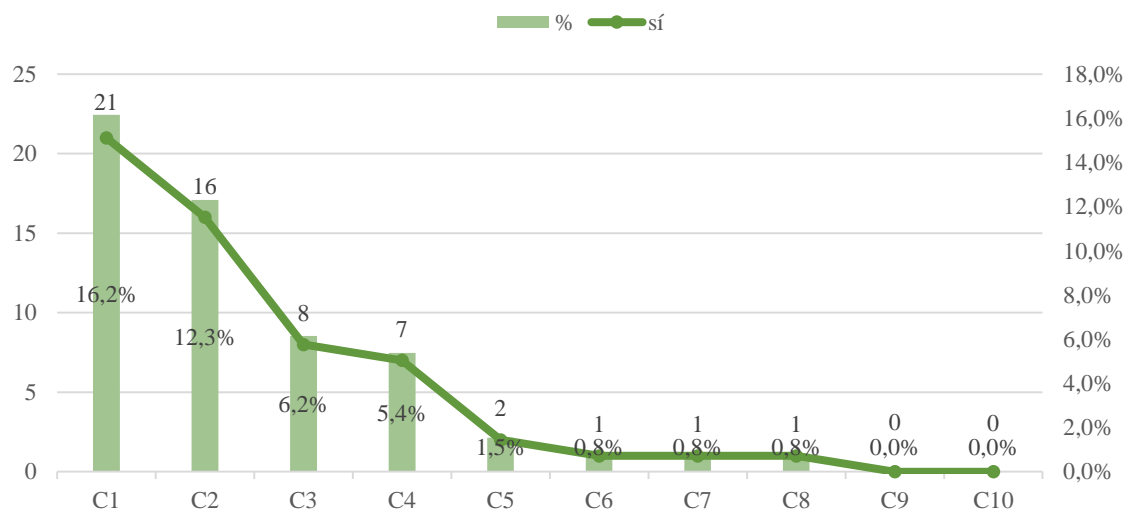
Análisis de variabilidad de las variables de características del proceso de contratación.

Características proceso	Cód. variable	Estado	Justificación
Año de firma del contrato	CAR.1	Aceptada	
Promotor	CAR.2	Aceptada	
Tipo de proyecto	CAR.3	Aceptada	
Región de Colombia	CAR.4	Aceptada	
Contratista	CAR.5	Aceptada	
Miembros	CAR.6	Aceptada	
Resultado de ejecución	CAR.7	Aceptada	
Tipo de desviación	CAR.8	Aceptada	
Valor inicial del contrato	CAR.9	Aceptada	
Plazo inicial del contrato	CAR.10	Aceptada	
Valor final del contrato	CAR.11	Aceptada	
Plazo final del contrato	CAR.12	Aceptada	
Desviación en coste	CAR.13	Aceptada	
Desviación en tiempo	CAR.14	Aceptada	
Valor licitación	CAR.15	Aceptada	
Porcentaje de baja	CAR.16	Aceptada	
Número de participantes en proceso	CAR.17	Aceptada	
Plazo total de proceso de selección	CAR.18	Aceptada	
Plazo para la presentación de ofertas	CAR.19	Aceptada	
Plazo de evaluación de ofertas	CAR.20	Aceptada	
Plazo de desarrollo de la licitación	CAR.21	Aceptada	

Nota. El código CAR hace referencia a las características del proceso de contratación.

Figura 18.

Gráfica de frecuencias de las causas de desviación en coste no imputable al contratista.


Tabla 42.

Análisis de variabilidad de las causas de desviación en coste no imputable al contratista.

Causas de sobrecoste no imputable al contratista	Cód. variable	Estado	Justificación
Aumento de cantidades	C1	Aceptada	
Adición de ítems no previstos	C2	Aceptada	
Modificación al alcance del contrato	C3	Aceptada	
Inclencias meteorológicas	C4	Aceptada	
Modificación a diseños iniciales	C5	Aceptada	
Falta de permisos de construcción o ambientales	C6	Descartada	1 caso/130
Falta de diseños definitivos y/o terminados	C7	Descartada	1 caso/130
Modificación al objeto del contrato	C8	Descartada	1 caso/130
Demoras en contratación dirección facultativa	C9	Descartada	0 casos
Problemas del promotor con la comunidad	C10	Descartada	0 casos

Nota. El código C hace referencia a las causas de desviaciones.

Figura 19.

Gráfica de frecuencias de las causas de desviación en plazo no imputable al contratista.

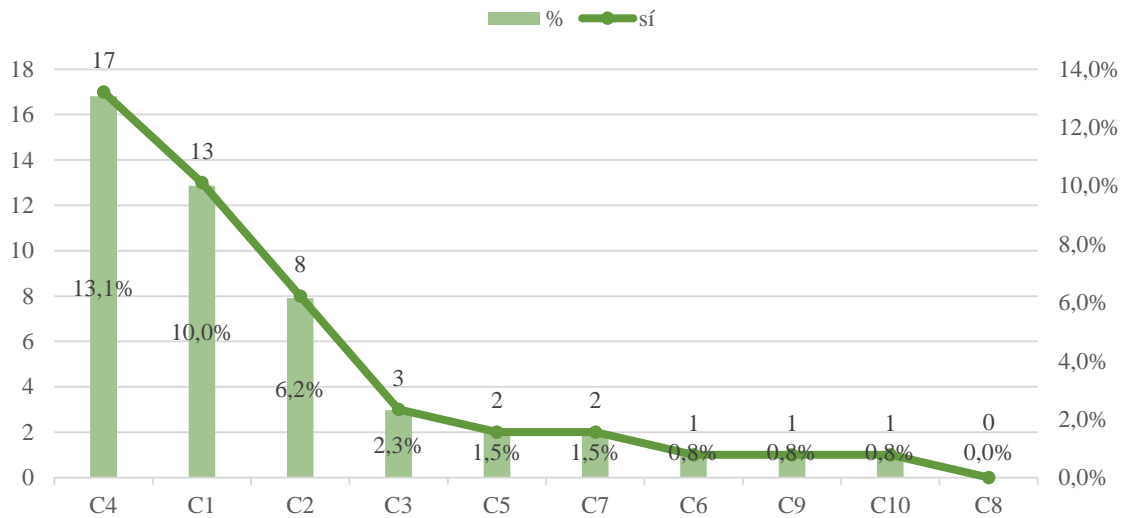
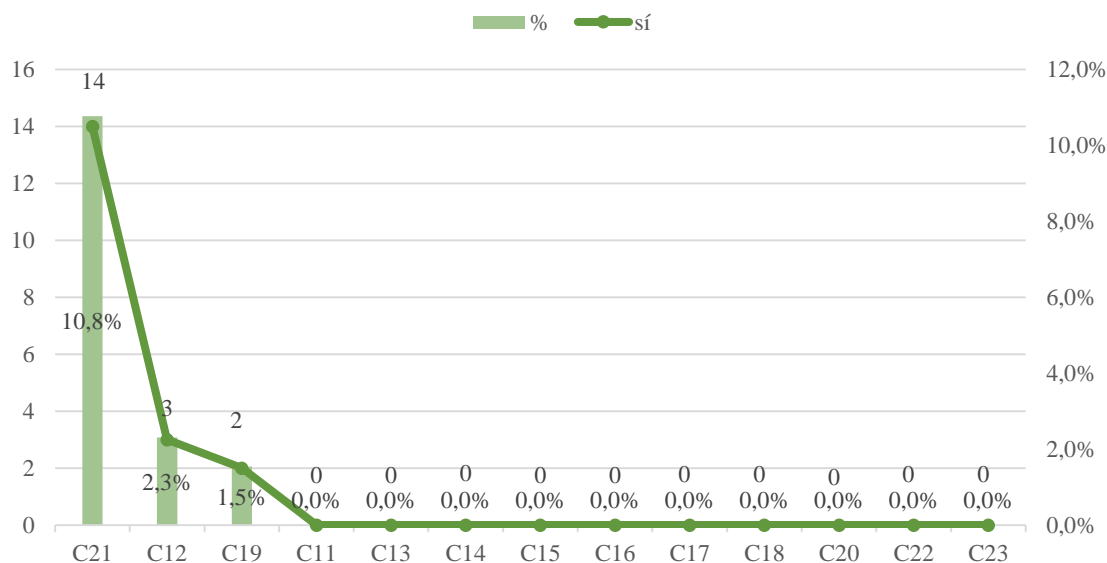


Tabla 43.

Análisis de variabilidad de las causas de desviación en plazo no imputable al contratista.

Causas de retraso no imputable al contratista	Cód. variable	Estado	Justificación
Aumento de cantidades	C1	Aceptada	
Adición de ítems no previstos	C2	Aceptada	
Modificación al alcance del contrato	C3	Aceptada	
Inclencias meteorológicas	C4	Aceptada	
Modificación a diseños iniciales	C5	Aceptada	
Falta de permisos de construcción o ambientales	C6	Descartada	1 caso/130
Falta de diseños definitivos y/o terminados	C7	Aceptada	
Modificación al objeto del contrato	C8	Descartada	0 casos
Demoras en contratación dirección facultativa	C9	Descartada	1 caso/130
Problemas del promotor con la comunidad	C10	Descartada	1 caso/130

Nota. El código C hace referencia a las causas de desviaciones.

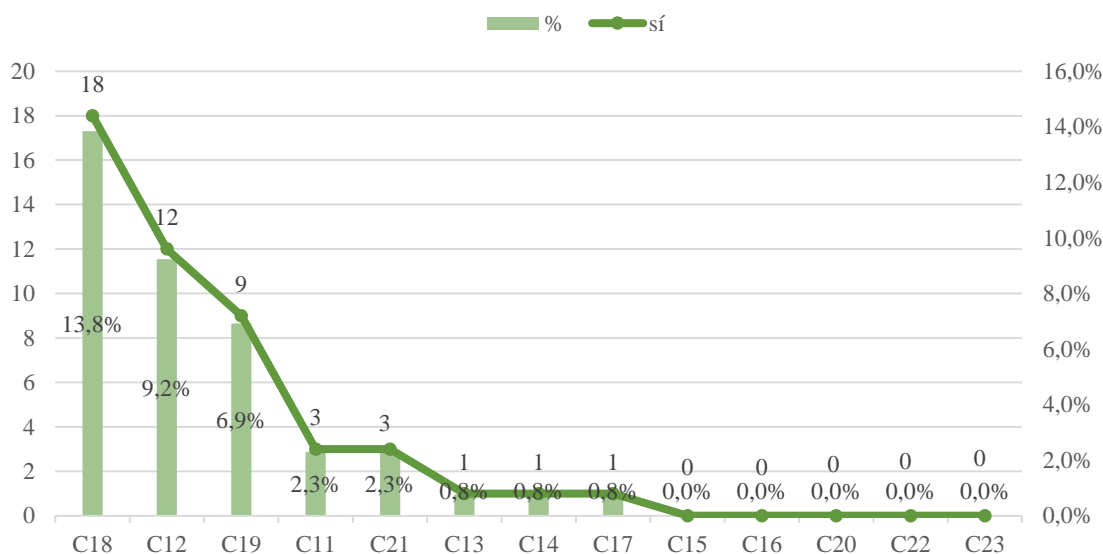
Figura 20.
Gráfica de frecuencias de las causas de desviación en coste imputable al contratista.

Tabla 44.
Análisis de variabilidad de las causas de desviación en coste imputable al contratista.

Causas de sobrecoste imputable al contratista	Cód. variable	Estado	Justificación
Falta de experiencia	C11	Descartada	0 casos
Deficiente gestión de recursos	C12	Aceptada	
Deficiente gestión de contrato	C13	Descartada	0 casos
Falta de procesos de calidad	C14	Descartada	0 casos
Inestabilidad financiera del contratista	C15	Descartada	0 casos
Estructura organizacional deficiente del contratista	C16	Descartada	0 casos
Lenta toma de decisiones	C17	Descartada	0 casos
Deficiente gestión del tiempo y cronograma	C18	Descartada	0 casos
Deficiente gestión del sitio de trabajo	C19	Aceptada	
Deficiente comunicación por parte del contratista a demás involucrados	C20	Descartada	0 casos
Deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos	C21	Aceptada	
Deficiente aplicación de conocimientos BIM	C22	Descartada	0 casos
Prácticas fraudulentas y corrupción	C23	Descartada	0 casos

Nota. El código C hace referencia a las causas de desviaciones.

Figura 21.

Gráfica de frecuencias de las causas de desviación en plazo imputable al contratista.


Tabla 45.

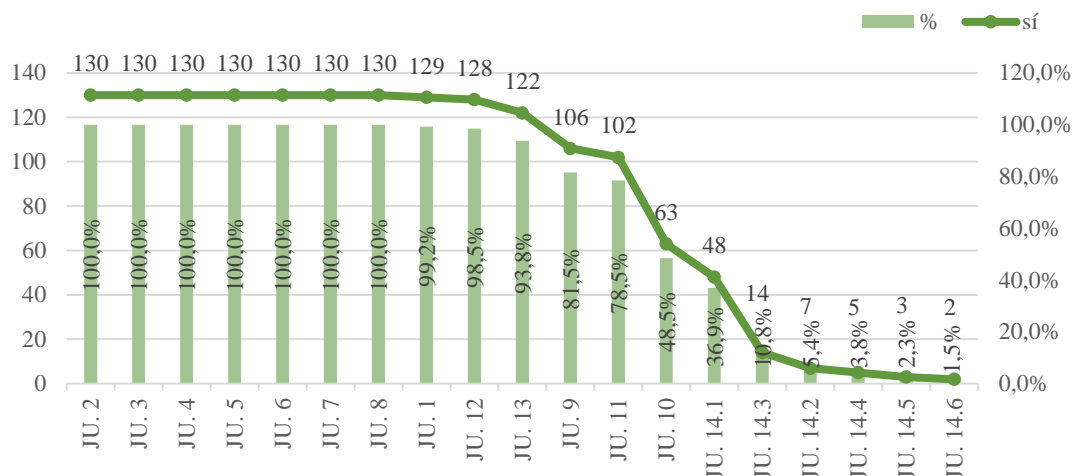
Análisis de variabilidad de las causas de desviación en plazo imputable al contratista.

Causas de retraso imputable al contratista	Cód. variable	Estado	Justificación
Falta de experiencia	C11	Aceptada	
Deficiente gestión de recursos	C12	Aceptada	
Deficiente gestión de contrato	C13	Descartada	1 caso/130
Falta de procesos de calidad	C14	Descartada	1 caso/130
Inestabilidad financiera del contratista	C15	Descartada	0 casos
Estructura organizacional deficiente del contratista	C16	Descartada	0 casos
Lenta toma de decisiones	C17	Descartada	1 caso/130
Deficiente gestión del tiempo y cronograma	C18	Aceptada	0 casos
Deficiente gestión del sitio de trabajo	C19	Aceptada	
Deficiente comunicación por parte del contratista a demás involucrados	C20	Descartada	0 casos
Deficiente gestión de presupuesto y recursos económicos	C21	Aceptada	
Deficiente aplicación de conocimientos BIM	C22	Descartada	0 casos
Prácticas fraudulentas y corrupción	C23	Descartada	0 casos

Nota. El código C hace referencia a las causas de desviaciones.

Figura 22.

Gráfica de frecuencias de los requisitos habilitantes jurídicos.


Tabla 46.

Análisis de variabilidad de los requisitos habilitantes jurídicos.

Crterios jurídicos	Cód. variable	Estado	Justificación
Carta de presentación	JU. 1	Descartada	129 casos/130
Avala la propuesta	JU. 2	Aceptada	
Conformación de proponente plural	JU. 3	Descartada	130 casos
Certificado de existencia y representación	JU. 4	Descartada	130 casos
Objetos social participantes coincidentes con actividades objeto licitación	JU. 5	Descartada	130 casos
RUP	JU. 6	Descartada	130 casos
Garantía de seriedad (valor)	JU. 7	Descartada	130 casos
Garantía de seriedad (plazo)	JU. 8	Aceptada	
Certificado obligaciones parafiscales	JU. 9	Aceptada	
Compromisos anticorrupción o transparencia	JU. 10	Aceptada	
Boletín procuraduría, contraloría y policía	JU. 11	Aceptada	
Cédula de ciudadanía de participante	JU. 12	Aceptada	
RUT	JU. 13	Aceptada	
Otros jurídicos (documentos acreditativos de constitución y de la empresa)	JU. 14.1	Aceptada	

Crterios jurídicos	Cód. variable	Estado	Justificación
Otros jurídicos (certificado de cumplimiento ante entes de control)	JU. 14.2	Aceptada	
Otros jurídicos (acuerdo de compromiso con el promotor)	JU. 14.3	Aceptada	
Otros jurídicos (recibo de pago de garantía de seriedad)	JU. 14.4	Aceptada	
Otros jurídicos (plan de manejo ambiental PAGA)	JU. 14.5	Aceptada	
Otros jurídicos (idoneidad moral en RUP)	JU. 14.6	Aceptada	

Nota. El código JU hace referencia a los criterios habilitantes jurídicos.

Figura 23.

Gráfico de torta o pie de la variable requisito habilitante jurídico “avala la propuesta”.

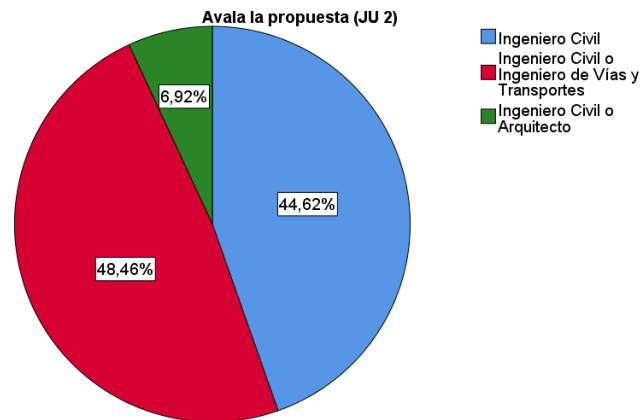


Figura 24.

Gráfica de frecuencias de los requisitos habilitantes financieros.

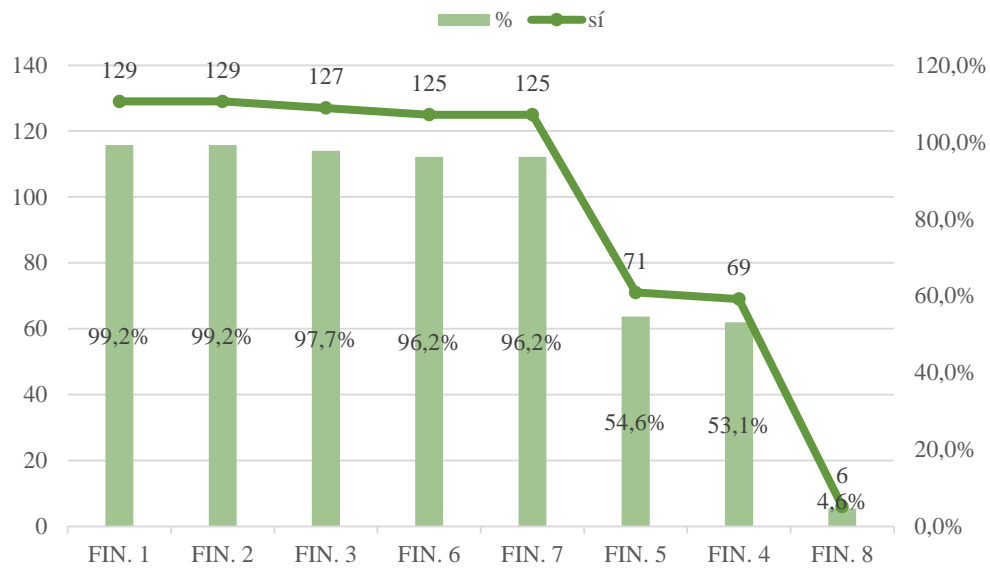


Tabla 47.

Análisis de variabilidad de los requisitos habilitantes financieros.

Criterios financieros	Cód. variable	Estado	Justificación
Índice de liquidez	FIN. 1	Aceptada	
índice de endeudamiento	FIN. 2	Aceptada	
Razón de cobertura de intereses	FIN. 3	Aceptada	
Patrimonio	FIN. 4	Aceptada	
Capital de trabajo	FIN. 5	Aceptada	
Rentabilidad del patrimonio	FIN. 6	Aceptada	
Rentabilidad del activo	FIN. 7	Aceptada	
Carta cupo bancario	FIN. 8	Aceptada	

Nota. El código FIN hace referencia a los criterios habilitantes financieros.

Figura 25.

Gráfica de frecuencias de los requisitos habilitantes técnicos.

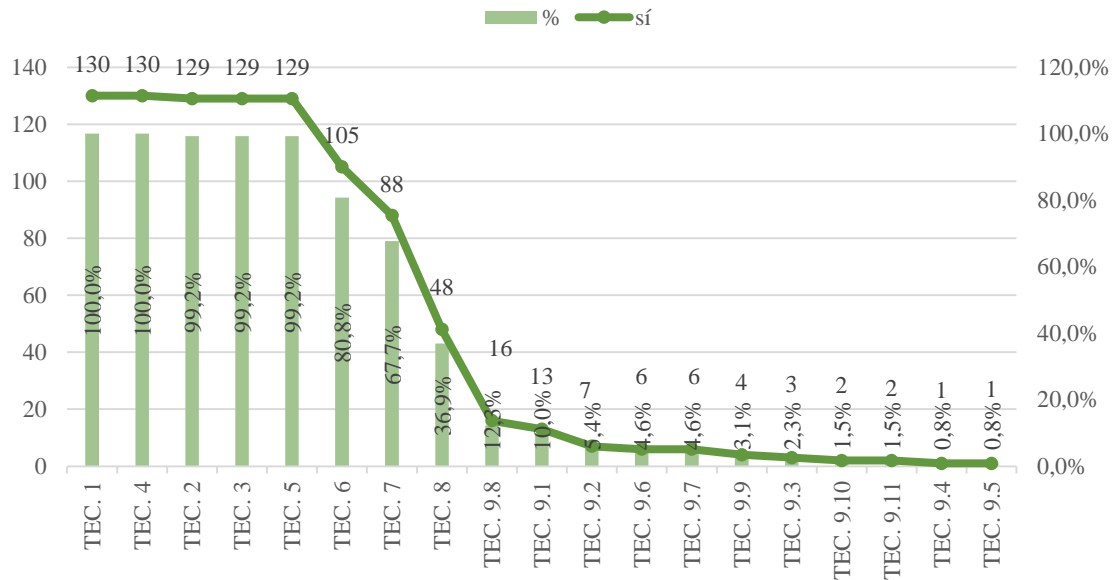


Tabla 48.

Análisis de variabilidad de los requisitos habilitantes técnicos.

Criterios técnicos	Cód. variable	Estado	Justificación
Capacidad residual	TEC. 1	Aceptada	
Experiencia en SMMLV mínima	TEC. 2	Aceptada	
Objeto contratos	TEC. 3	Aceptada	
Número mínimo de contratos para acreditar	TEC. 4	Aceptada	
Experiencia requerida por contrato (% sobre licitación)	TEC. 5	Aceptada	
Experiencia adicional	TEC. 6	Aceptada	
Personal mínimo	TEC. 7	Aceptada	
Maquinaria mínima	TEC. 8	Aceptada	
Otros requerimientos (programa de obra)	TEC. 9.1	Aceptada	
Otros requerimientos (plan de calidad)	TEC. 9.2	Aceptada	
Otros requerimientos (plan de manejo ambiental PAGA)	TEC. 9.3	Aceptada	
Otros requerimientos (organigrama de obra)	TEC. 9.4	Descartada	1 caso/130
Otros requerimientos (plan de manejo de tráfico)	TEC. 9.5	Descartada	1 caso/130

Criterios técnicos	Cód. variable	Estado	Justificación
Otros requerimientos (programa de trabajo y ejecución)	TEC. 9.6	Aceptada	
Otros requerimientos (programa de inversiones)	TEC. 9.7	Aceptada	
Otros requerimientos (análisis de precios unitarios APU's)	TEC. 9.8	Aceptada	
Otros requerimientos (descomposición del AIU)	TEC. 9.9	Aceptada	
Otros requerimientos (años acreditados de experiencia desde la constitución del proponente)	TEC. 9.10	Aceptada	
Otros requerimientos (permisos ambientales y/o mineros y/o calidad de materiales y/o canteras y/o municipales)	TEC. 9.11	Aceptada	

Nota. El código TEC hace referencia a los criterios habilitantes técnicos.

Figura 26.

Gráfico de torta o pie de la variable requisito habilitante técnico "objeto de contratos".

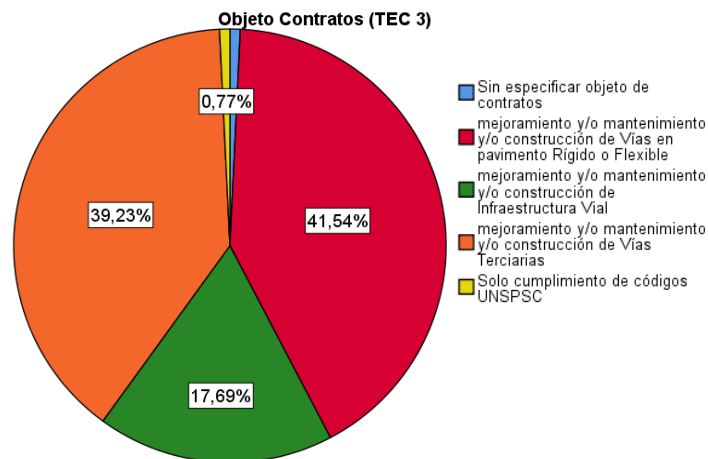


Figura 27.

Gráfica de frecuencias de los factores ponderables (1).

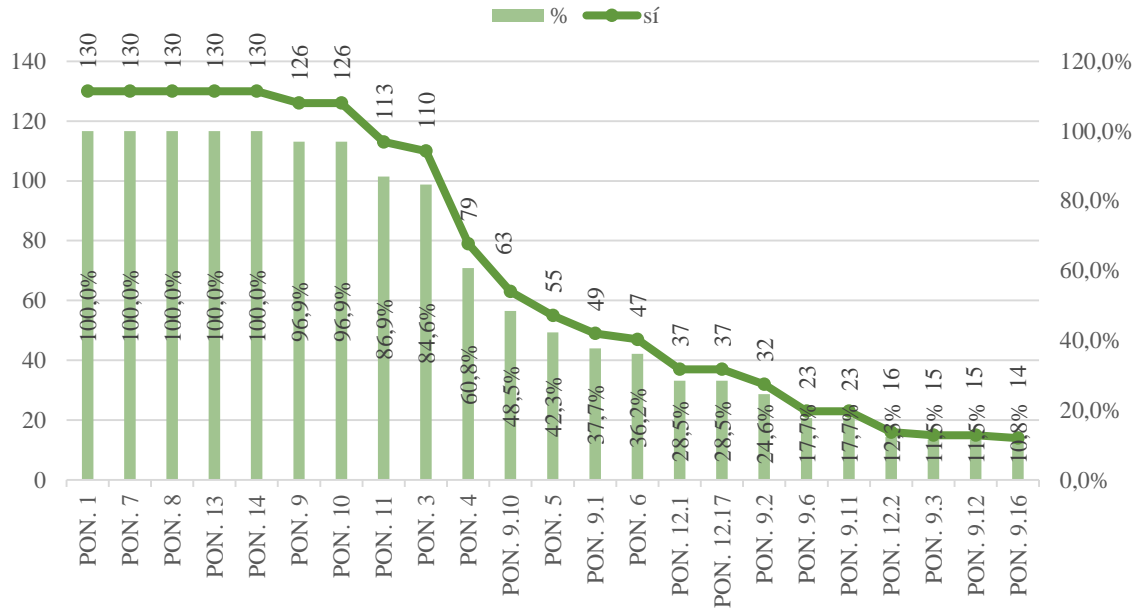


Figura 28.

Gráfica de frecuencias de los factores ponderables (2).

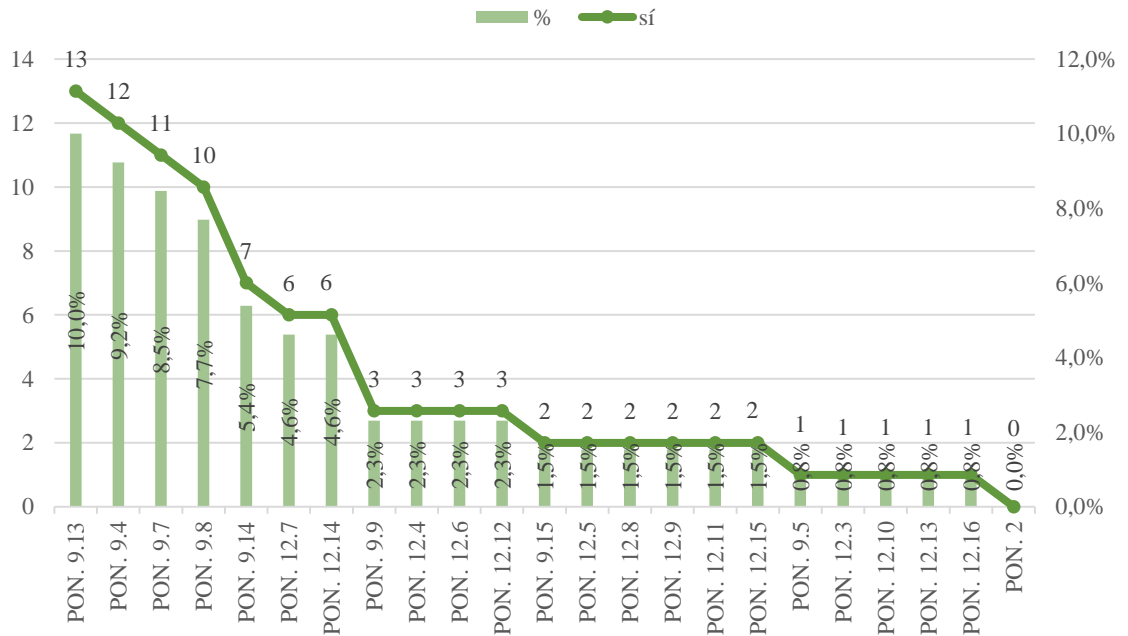


Tabla 49.
Análisis de variabilidad de los factores ponderables.

Factores ponderables	Cód. variable	Estado	Justificación
Factor precio	PON. 1	Aceptada	
Formula mediana con valor absoluto	PON. 2	Descartada	0 casos
Formula media geométrica con presupuesto oficial	PON. 3	Aceptada	
Formula media aritmética alta	PON. 4	Aceptada	
Formula media aritmética baja	PON. 5	Aceptada	
Formula de menor valor	PON. 6	Aceptada	
Método de asignación de fórmulas	PON. 7	Aceptada	
Puntaje del factor precio	PON. 8	Aceptada	
Factor técnico-calidad	PON. 9	Aceptada	
Programa de obra	PON. 9.1	Aceptada	
Plan de calidad	PON. 9.2	Aceptada	
Plan de seguridad y salud	PON. 9.3	Aceptada	
Plan de manejo ambiental PAGA	PON. 9.4	Aceptada	
Organigrama de obra	PON. 9.5	Descartada	1 caso/130
Programa de trabajo y ejecución	PON. 9.6	Aceptada	
Programa de inversiones	PON. 9.7	aceptada	
Análisis de precios unitarios APU's	PON. 9.8	aceptada	
Descomposición del AIU	PON. 9.9	aceptada	
Presentar experiencia adicional de personal	PON. 9.10	aceptada	
Presentar maquinaria/equipos/herramientas adicionales	PON. 9.11	aceptada	
No presentar multas o infracciones ambientales	PON. 9.12	aceptada	
Acreditar contratos ejecutados adicionales	PON. 9.13	aceptada	
Carta de ofrecimiento de ejecución de obra adicional	PON. 9.14	aceptada	
Carta de asunción de riesgos y personal de dirección facultativa	PON. 9.15	aceptada	

Factores ponderables	Cód. variable	Estado	Justificación
Carta firmada de ofrecimiento de instaurar programa de gerencia de proyectos	PON. 9.16	aceptada	
Puntaje técnico-calidad	PON. 10	aceptada	
Puntaje apoyo a la industria nacional	PON. 11	aceptada	
Otros factores ponderables	PON. 12.1	aceptada	
Solicitud de anticipo	PON. 12.2	aceptada	
Cálculo de costes indirectos administrativos	PON. 12.3	descartada	1 caso/130
Facturación anual	PON. 12.4	aceptada	
Desviación de APU's	PON. 12.5	aceptada	
Acreditar vínculo laboral con personal local de la obra	PON. 12.6	aceptada	
Compromiso de generación de empleo local de la obra	PON. 12.7	aceptada	
Evaluación económica con fórmulas de Ítems representativos del presupuesto	PON. 12.8	aceptada	
Cumplimiento de la experiencia técnica requerida	PON. 12.9	aceptada	
Asistir a audiencia pública de aclaración de pliegos de condiciones	PON. 12.10	descartada	1 caso/130
Idoneidad moral	PON. 12.11	aceptada	
Listado de materiales	PON. 12.12	aceptada	
Poseer trabajadores en situación de discapacidad	PON. 12.13	Descartada	1 caso/130
No poseer multas y/o infracciones ambientales	PON. 12.14	Aceptada	
Tabla de rendimiento de equipos y actividades	PON. 12.15	Aceptada	
Compromiso de asunción de riesgos	PON. 12.16	Descartada	1 caso/130
Puntaje de otros factores ponderables	PON. 12.17	Aceptada	
Puntaje total	PON. 13	Aceptada	
Mayor relevancia de puntaje	PON. 14	Aceptada	

Nota. El código PON hace referencia a los factores ponderables.

Figura 29.

Gráfico de torta o pie de la variable factor ponderable “método de asignación”.

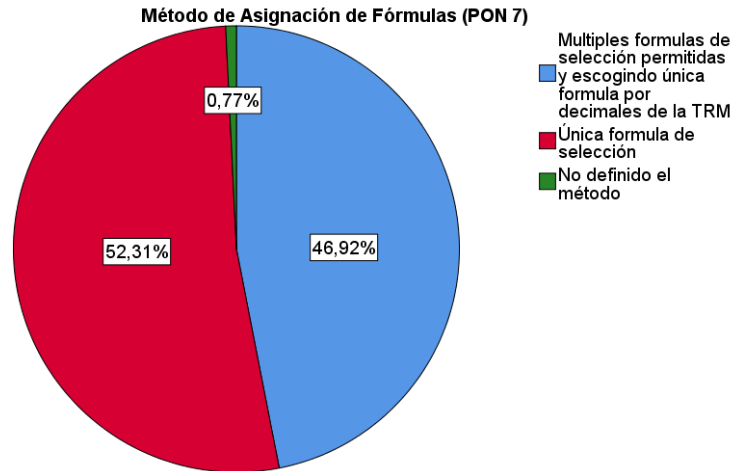
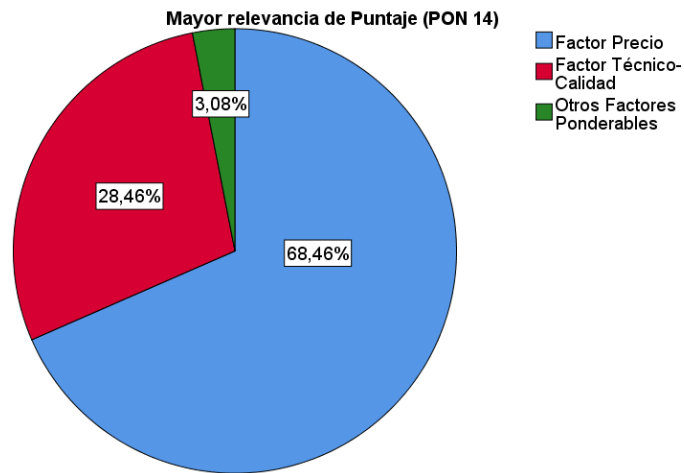


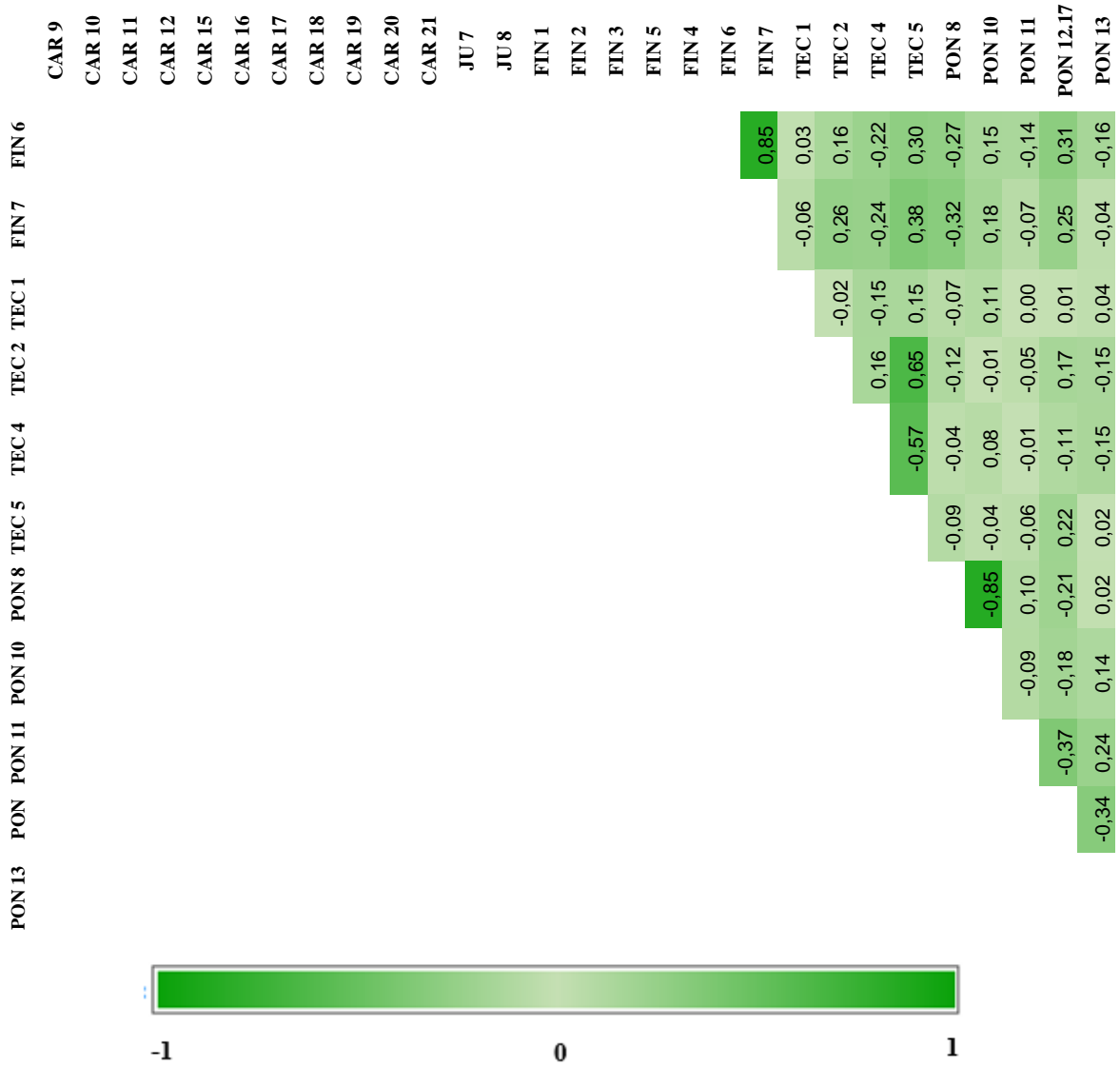
Figura 30.

Gráfico de torta o pie de la variable factor ponderable “mayor relevancia de puntaje”.



9.4. Anexo 4. Matriz de correlación de Spearman de las 31 variables numéricas.

	CAR 9	CAR 10	CAR 11	CAR 12	CAR 15	CAR 16	CAR 17	CAR 18	CAR 19	CAR 20	CAR 21	JU 7	JU 8	FIN 1	FIN 2	FIN 3	FIN 5	FIN 4	FIN 6	FIN 7	TEC 1	TEC 2	TEC 4	TEC 5	PON 8	PON 10	PON 11	PON 12.17	PON 13								
CAR 9																																					
CAR 10																																					
CAR 11																																					
CAR 12																																					
CAR 15																																					
CAR 16																																					
CAR 17																																					
CAR 18																																					
CAR 19																																					
CAR 20																																					
CAR 21																																					
JU 7																																					
JU 8																																					
FIN 1																																					
FIN 2																																					
FIN 3																																					
FIN 5																																					
FIN 4																																					
FIN 6																																					
FIN 7																																					
TEC 1																																					
TEC 2																																					
TEC 4																																					
TEC 5																																					
PON 8																																					
PON 10																																					
PON 11																																					
PON 12.17																																					
PON 13																																					



9.5. Anexo 5. Coeficiente de variación de variables numéricas.

Cód. variable	Coeficiente de variación
CAR 9	144,08%
CAR 10	41,18%
CAR 11	138,80%
CAR 12	50,62%
CAR 15	144,86%
CAR 16	285,90%
CAR 17	253,68%
CAR 18	41,85%
CAR 19	43,56%
CAR 20	83,08%
CAR 21	53,04%
JU 7	0,00%
JU 8	20,16%
FIN 1	312,10%
FIN 2	435,13%
FIN 3	365,84%
FIN 5	177,95%
FIN 4	120,80%
FIN 6	335,79%
FIN 7	350,09%
TEC 1	66,91%
TEC 2	143,20%
TEC 4	126,04%
TEC 5	109,58%
PON 8	36,90%
PON 10	51,28%
PON 11	47,24%
PON 12.17	210,47%
PON 13	33,03%

9.6. Anexo 6. Anexo ODS al trabajo de fin de máster



Anexo al Trabajo Fin de Máster

Relación del TFM “Análisis de las causas de retraso y sobrecoste en la construcción de vías terciarias en Colombia” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				X
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.				X
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.				X
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.	X			
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.				X
ODS 12. Producción y consumo responsables.				X
ODS 13. Acción por el clima.				X
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				X
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

Descripción de la alineación del TFG/M con los ODS con un grado de relación más alto.

El trabajo de fin de máster desarrollado se relaciona directamente con el ODS “industria, innovación e infraestructura” debido a que directamente es un trabajo investigativo que busca estudiar y profundizar en las causas que provocan desviaciones en tiempo y coste en obras de infraestructura del sector terciario en Colombia.

Se busca principalmente analizar y generar una propuesta de mejora para mitigar y minimizar la aparición de sobrecostes y retrasos en los contratos de vías terciarias colombianas que afectan a la población campesina, lo que representan un artífice clave para el desarrollo rural de Colombia, tanto para la economía rural, calidad de vida (permitiendo mayor accesibilidad a centros urbanos, hospitales, comercio y educación) y la recuperación del campo absorbido por grupos al margen de la ley. La investigación afecta directamente a un sector poblacional que ha sido altamente afectado por el conflicto armado del país por décadas y que al igual que en muchos países alrededor del mundo, sufren de problemas de desviaciones en contratos de tan alta importancia para ellos y para el país, y que a quienes más afecta en última instancia es a los que más lo necesitan.

De esta forma se fomenta la construcción de infraestructuras de forma eficaz y eficiente, reduciendo retrasos y sobrecostes adicionales a los bienes públicos para la ampliación de la red terciaria de Colombia, dando acceso más rápido a la población rural a los beneficios de este tipo de infraestructura.